

Device for humidifying respiratory air contains a component which can change place in a modular manner with an alternative part

Bibliographic data	Description	Claims	Mosaics	Original document	INPADOC legal status
--------------------	-------------	--------	---------	-------------------	----------------------

Publication number: DE102005007773 (A1)

Publication date: 2005-09-15

Inventor(s): FELDHAHN KARL-ANDREAS [DE]; PULLA MATTHIAS [DE]; GOEBEL CHRISTOF [DE]; PAESCH RAINER [DE]; SCHULZ GERD [DE]; EIFLER MARTIN [DE]; WEDLER WOLFGANG [DE]; MARX THOMAS [DE]; BRANDMEIER MARK [DE]; GROTE PETRA [DE]; HERRMANN FRANK [DE]; VITT ELMAR [DE]

Applicant(s): WEINMANN G GERAETE MED [DE]

Classification:


- **international:** A61M16/16; A61M11/00; A61M11/06; A61M15/00; A61M16/10; A61M16/10; A61M11/00; A61M11/06; A61M15/00; (IPC1-7): A61M16/16


- **European:** A61M16/16


Application number: DE200510007773 20050218

Priority number(s): DE200510007773 20050218; DE200410008511 20040220

Also published as:

 WO2005079898 (A2)

 WO2005079898 (A3)

 DE112005000942 (A5)

[View INPADOC patent family](#)

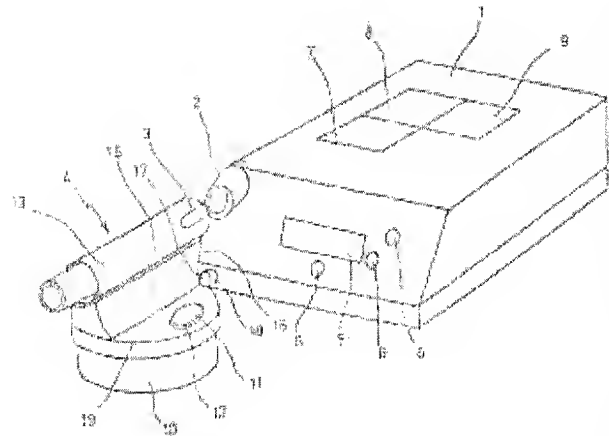
[View list of citing documents](#)

[Report a data error here](#)

Abstract of **DE 102005007773 (A1)**

[Translate this text](#)

Device for humidifying respiratory air contains a component which can change place in a modular manner with an alternative part. - Preferred Features: The alternative part contains a unit, preferably a container, for recovering and/or supplying water. A lid is provided for closing the container. The device has a unit for heating the water. The device has a separate component, preferably a filter for cleaning or reducing the germ load in the water before humidifying.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 007 773 A1** 2005.09.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 007 773.0**

(22) Anmeldetag: **18.02.2005**

(43) Offenlegungstag: **15.09.2005**

(51) Int Cl.⁷: **A61M 16/16**

(66) Innere Priorität:

10 2004 008 511.0 20.02.2004

(71) Anmelder:

**Weinmann Geräte für Medizin GmbH & Co. KG,
22525 Hamburg, DE**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte
HANSMANN-KLICKOW-HANSMANN, 22767
Hamburg**

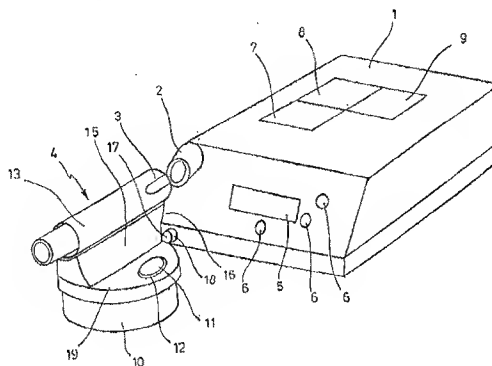
(72) Erfinder:

**Feldhahn, Karl-Andreas, Dr., 22761 Hamburg, DE;
Pulla, Matthias, 22459 Hamburg, DE; Göbel,
Christof, Dr., 22529 Hamburg, DE; Paesch, Rainer,
25451 Quickborn, DE; Schulz, Gerd, 22869
Schenefeld, DE; Eifler, Martin, 25348 Glückstadt,
DE; Wedler, Wolfgang, 21147 Hamburg, DE; Marx,
Thomas, Dr., 22767 Hamburg, DE; Brandmeier,
Mark, 24632 Lentföhrden, DE; Grote, Petra, 25436
Tornesch, DE; Herrmann, Frank, Dr., 23843 Bad
Oldesloe, DE; Vitt, Elmar, Dr., 27356 Rotenburg,
DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Modulare Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas**

(57) Zusammenfassung: Die Vorrichtung dient zur Befeuchtung von Atemgas und weist wenigstens ein modular gegen ein Alternativteil auswechselbares Bauteil auf.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas.

Stand der Technik

[0002] Derartige Vorrichtungen enthalten eine als Wasserspender fungierende Einrichtung, der typischerweise entweder als befüllbarer Tank zur Bereitstellung einer Wasserversorgung ausgestaltet ist, oder eine kontinuierliche Quelle darstellt oder enthalten ein Element, welches selbst Wasser gewinnt und zur Verfügung stellt, beispielsweise durch Kondensation von Feuchtigkeit aus der Luft oder durch chemische Synthese, wobei zu diesem Wassergewinnungselement zusätzlich ein Vorratsbehälter vorhanden sein kann, aber nicht muß. Daneben sind nicht notwendigerweise, aber typischerweise weitere Elemente vorhanden, so etwa eine Einrichtung zur Erwärmung des Wassers oder des Atemgases, beispielsweise in Form einer Heizung, ein die Wasserversorgung verschließendes Element, beispielsweise eine Abdeckung, ein Anschluß zur Verbindung mit einem Atemgasschlauch oder ein Anschluß zur Verbindung mit einer Atemgasversorgung.

[0003] Eine typische Verwendung derartiger Atemluftbefeuchter erfolgt im Zusammenhang mit Atemluftversorgungen, die im Rahmen einer CPAP-Therapie (Continuous-Positive-Airway-Pressure) eingesetzt werden. Ebenfalls sind Anwendungen bei sogenannten Bilevel-, APAP-Beatmungen und Heimbeatmung möglich. Ebenfalls werden solche Atemluftbefeuchter in der Klinik bei der Intensivbeatmung eingesetzt. Zur Vermeidung eines Austrocknens der Atemwege erweist es sich insbesondere bei längeren Beatmungsphasen als zweckmäßig, eine Befeuchtung der Atemluft durchzuführen. Derartige Befeuchtungen der Atemluft können auch bei anderen Anwendungen realisiert werden.

[0004] Die bekannten Befeuchter sind typischerweise derart konstruiert, daß der jeweilige Befeuchter einem bestimmten Beatmungsgerät sowie einer bestimmten Atemmaske mit Atemschlauch zugeordnet ist. Dies behindert eine universelle Verwendbarkeit und insbesondere eine Konfigurierbarkeit eines Gesamtsystems in Abhängigkeit von den jeweiligen Anwendungsanforderungen. Darüber hinaus können die bekannten Atemgasbefeuchter noch nicht alle Anforderungen erfüllen, die z.B. an eine einfache und zugleich gründliche Reinigungsfähigkeit gestellt werden.

Aufgabenstellung

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung der einleitend genannten Art derart zu konstruieren, daß ein universell einsetzbares und einfach zu handhabendes und zu reinigendes Gerät bereitgestellt wird. Insbesondere ist daran gedacht, eine Vorrichtung bereitzustellen, die aus einem Grundmodul und aus vielen Ergänzungsmodulen besteht. Daneben sind auswechselbare, wechselseitig substituierende Elementgruppen vorgesehen, die eine individuelle Anpassung an die Bedürfnisse des Anwenders ermöglichen. Ziel der Erfindung ist es einen Atemgasbefeuchter bereitzustellen, der den Anwender lebenslang begleitet. Abhängig von den Anforderungen des Anwenders, können beliebige Module ergänzt bzw. ausgetauscht werden. Vor allem ist daran gedacht, dass der erfindungsgemäße Befeuchter in Abhängigkeit der verwandten Ergänzungsmodule zusammen mit Beatmungsgeräten jeden Typs einsetzbar ist.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Atemgasbefeuchter aus einem Grund- oder Funktions-Element besteht und alle Ergänzungs- oder Austauschmodule bedarfsgerecht, einfach, sicher und schnell adaptiert werden können. Der Atemgasbefeuchter enthält wenigstens ein modular gegen ein Alternativteil auswechselbares Bauteil.

[0007] In einem Ausführungsbeispiel ist der typische Atemgasbefeuchter modular aus einzelnen Funktionselementen aufgebaut. Der Atemgasbefeuchter ist mit einer Wasserversorgung, einer Wasserzufuhr sowie einem Schlauchanschluß versehen. Der Schlauchanschluß ist beispielsweise stutzenförmig ausgebildet und dient zum Anschluß eines Beatmungsschlauches. Über einen Versorgungsanschluß erfolgt die Versorgung des Atemgasbefeuchters mit Atemgas. Das Atemgas wird von einer Atemgasversorgung bereitgestellt. Der Versorgungsanschluß kann auch der Kopplung des Atemgasbefeuchters an die Atemgasversorgung dienen. Oberhalb der Wasserversorgung erstreckt sich ein Strömungsraum. Die Wasserversorgung kann von einem Deckel verschließbar sein und mit dem Versorgungsanschluß und dem Schlauchanschluß verbunden sein. Die Wasserzufuhr kann im Bereich des Deckels angeordnet sein.

[0008] Die Austauschmodule werden insbesondere vorgesehen, um einzelne Funktionselemente den individuellen Bedürfnissen des Anwenders anpassen können. Ebenso wird es möglich, spätere Änderungen der An-

forderungen an das Gerät mit geringem Aufwand durch Austausch des entsprechenden Teiles gerecht zu werden. Das Gerät ändert sich mit den Erfordernissen durch den Anwender und kann von diesem daher über einen langen Zeitraum genutzt werden. Durch den modularen Aufbau kann das Gerät individuellen Bedürfnissen angepaßt werden.

[0009] Die Wasserversorgung kann in verschiedenen Größen je nach Wasserbedarf und Platzangebot gewählt werden, wobei Vorhandensein, Art und Leistung einer Wassererwärmung oder Elemente zur Sicherung gegen verkippen des Wassers nach Bedarf zugefügt werden können. Wird höherer Druck des Atemgases benötigt, wodurch bei einfacher Luftführung eine zu starke Geräuschentwicklung entsteht, kann die Luftführung, beispielsweise integriert in den Deckel der Wasserversorgung, gegen ein mit einer Geräuschdämpfung versehenes Modell getauscht werden. Verschiedene Anschlußelemente adaptieren verschiedene Schläuche und Zusatzverbindungen, wie Meß- und Steuerleitungen.

[0010] Eine Messleitung für Druck, Fluss, Feuchtigkeit oder ähnliche Anwendungen kann neben dem Atemgasschlauch und/oder innerhalb des Atemgasschlauches angeordnet sein. Der Atemgasschlauch ist beispielsweise über ein Ausatmungselement mit einer Schlauchkupplung einer Atemmaske verbunden. Alternativ zur Atemmaske können patientenseitig alle bekannten Schnittstellen zum Einsatz kommen, beispielsweise Tuben, Kanülen oder ähnliche Bauteile.

[0011] Durch die modulare und voneinander trennbare Ausbildung der Bauteile ist es möglich, diese unabhängig voneinander derart zu gestalten, daß jeweils optimierte Einzeleigenschaften bereitgestellt werden. So ist es beispielsweise möglich, die Eigenschaften hinsichtlich einer optimierten Reinigungsfähigkeit zu optimieren. Auch kann der Atemgasbefeuchter derart konfiguriert werden, dass er für sehr hohe Beatmungsdrücke geeignet ist. Darüber hinaus ist es auch möglich, den Deckel und den Wasserversorgung universell auszubilden und den Versorgungsanschluß und den Schlauchanschluß im Bereich ihrer dem Deckel abgewandten Enden an bestimmte Atemschläuche bzw. Beatmungsgeräte angepaßt zu gestalten. Der Schlauchanschluß und der Versorgungsanschluß können hierdurch als Adapterstücke verwendet werden, die faktisch beliebig auswählbare Einzelgeräte über einen abgesehen von den Adapterstücken universell ausgebildeten Atemgasbefeuchter zusammenkoppeln.

[0012] Der Versorgungsanschluß und der Schlauchanschluß können sich zumindest bereichsweise tubusförmig entlang einer Strömungshauptachse erstrecken. Der Versorgungsanschluß und der Schlauchanschluß sind dann bevorzugt bezüglich einer Grundebene des Deckels auf einem erhöhten Sockel angeordnet, der den Strömungsraum bereichsweise begrenzt. Hierdurch wird eine erhöhte Auslaufsicherung erreicht und ein Überfüllen des Wassertanks vermieden.

[0013] Im Bereich des Schlauchanschlusses eine zur zylindrischen Außenwandung des Schlauchanschlusses im wesentlichen koaxial angeordnete Verbindung verläuft, die zum Anschluß an eine Meßleitung vorgesehen ist, die hier beispielsweise innerhalb des Atemgasschlauches verläuft.

[0014] In vorteilhafter Ausführungsform enthält das Baukastensystem modulare, austauschbare Elemente für die Wasserzufuhr und entsprechende vereinheitlichte Verschlusssysteme zur einfachen, sicheren und gut handzuhabenden Verbindung.

[0015] Ein weiteres modular auswechselbares Bauteil ist eine Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf in das Atemgas. Insbesondere kann dies im Bereich der Luftführung oder im Luftkanal an einer oder über eine Wasserfläche, eine Wasserdüse, ein Wasservernebler, eine vorzugsweise nur einseitig wasserdurchlässige Membran, ein Kondenswasser erzeugendes Peltierelement oder eine Brennstoffzelle erfolgen.

[0016] Ein weiteres modular auswechselbares Bauteil ist eine Vorrichtung zum Erwärmen des Wassers oder des bereits befeuchteten oder noch zu befeuchtenden Atemgases

[0017] Zusatzelemente können nach Bedarf eingefügt werden, etwa um über gemessene oder eingegebene Daten eine bedarfsangepaßt optimierte Steuerung des zur Verfügung gestellten Atemgases und seiner Parameter zu erreichen. Sensoren am Anwender, Umgebungssensoren, Sensoren am Gerät und seinen Elementen, wie auch eingelesene Daten, beispielsweise über Fernverbindungen, etwa über Telemetrie, werden aufgenommen, angezeigt, gespeichert, verarbeitet und für Steuerungsvorgänge genutzt, in einer bevorzugten Ausführungsform in Form eines geschlossenen Regelkreislaufes, der die durch Steuerungsvorgänge ausgelösten jeweiligen Veränderungen aktueller Werte in sein Steuerverhalten einbezieht. Auch können automatische Warnsignale generiert werden, etwa wenn der Wasservorrat zu gering wird, eine Reinigung erforderlich

ist oder wenn sonstige Grenzwertüberschreitungen drohen.

[0018] Zusatzelemente können auch der ergänzenden oder alleinigen Wassergewinnung dienen, wie Brennstoffzellen oder Peltierelemente, deren Vorteil darin liegt, daß die Wassergewinnung Nebeneffekt einer gleichzeitig ablaufenden anderen Gerätefunktion ist, beispielsweise einer Stromerzeugung oder Heizung. Auch können Vorrichtungen vorhanden sein, die auf andere Weise Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft nutzbar machen und beispielsweise durch eine für Wasser halbdurchlässige Membran in den Strom des Atemgases einführen.

[0019] Zusätzliche Bauteile können auch der Vereinfachung der Handhabung dienen. Befüllhilfen, Griffe, zusätzliche Befestigungen für andersartige Standplätze, Reinigungshilfen, etc. können zur Verfügung gestellt werden, so daß der Anwender – gerade bei Reisen – sämtliche nützlichen Werkzeuge griffbereit hat. Durch den modularen Aufbau ist die Verwendung des Gerätes mit und ohne solche Elemente gleichermaßen möglich. Ferner kann auch die Stromversorgung entweder durch einen Stromerzeuger oder durch Elemente, die den Zugang zu alternativen Stromquellen, beispielsweise nach anderen Normen, erlauben, flexibel gestaltet werden, indem bei Bedarf entsprechende Elemente wie Akku- oder Batteriebauteile, Brennstoffzellen, Transformatoren oder Wandler eingefügt werden. Insbesondere ist daran gedacht den Betrieb des Befeuchters mit allen denkbaren/gängigen Spannungen, beispielsweise 6, 12, 14, 24, 48, 110, 220, 240 Volt, Gleich- und/oder Wechselstrom, zu ermöglichen.

[0020] Eine besondere effiziente Form der Anfeuchtung kann durch eine Ultraschallvernebelung bewirkt werden, wobei gleichzeitig der Wasservorrat durch eine Filterbarriere abgetrennt bleibt und so eine größtmögliche Reinheit des befeuchteten Atemgases gewährleistet wird. Auch diese Baugruppe kann modular ergänzt und/oder ausgetauscht werden.

[0021] Die gesamte Bandbreite der Befeuchtung von Atemluft von der Beatmung Neugeborener bis hin zur Intensivbeatmung (bis 120 l/min bzw. bis 120 mbar) kann dank des variablen modularen Aufbaus ermöglicht werden. Dies wird unter anderem durch die Adaptierbarkeit an alle handelsüblichen Beatmungsgeräte ermöglicht.

[0022] Eine kompakte Gerätekonstruktion wird dadurch unterstützt, daß sowohl im Bereich des Versorgungsanschlusses als auch im Bereich des Schlauchanschlusses Verlängerungselemente für eine Druckmeßleitung angeordnet sind.

[0023] Eine einfache Bauteilegeometrie insbesondere zur Unterstützung einer spritzgußtechnischen Fertigung wird dadurch erreicht, daß sich die Verlängerungselemente der Druckmeßleitung mindestens bereichsweise entlang einer Strömungshauptachse des Versorgungsanschlusses und des Schlauchanschlusses erstrecken.

[0024] Eine belastungsfähige Verbindung der Bauteile miteinander kann beispielsweise dadurch bereitgestellt werden, daß der Versorgungsanschluß und der Schlauchanschluß durch mindestens einen Zapfen und mindestens eine Vertiefung formschlüssig miteinander verbunden sind.

[0025] Bei einer Ausführungsform ist der Versorgungsanschluß mit einem Anschlußadapter versehen, der zur Verbindung mit der Atemgasversorgung dient. Der Anschlußadapter ist mit einer Arretierung versehen, die bei einem Zusammenschieben des Atemgasbefeuchters und der Atemgasversorgung in ein entsprechendes Gegelement der Atemgasversorgung einrastet. Die Arretierung weist ein Betätigungselement auf, das bei einem manuellen Drücken den Arretierungszustand aufhebt, so daß der Atemgasbefeuchter in einfacher Weise wieder von der Atemgasversorgung getrennt werden kann.

[0026] Eine seitliche Begrenzung des Atemgasbefeuchters kann einen Konturverlauf aufweisen, der an einen Konturverlauf der Atemgasversorgung angepaßt ist. Hierdurch ist bei einem Zusammenfügen des Atemgasbefeuchters und der Atemgasversorgung ein sehr kompakter Gesamtaufbau möglich. Darüber hinaus kann der Atemgasbefeuchter einen Elektroanschluß aufweisen, der mit einem Gegenanschluß der Atemgasversorgung zusammenkoppelbar ist. Zur Fixierung des Atemgasbefeuchters an der Atemgasversorgung ist bevorzugt ein Arretierelement vorgesehen, daß in Form eines Klick-Verschlusses ausgebildet sein kann. Ebenfalls kann über eine derartige Verbindung eine Kopplung des Beatmungsschlauches mit dem Atemgasbefeuchter erfolgen. Oberhalb der Wasserversorgung erstreckt sich ein Strömungsraum. Diese Module sind austauschbar und durch die beschriebenen Schnittstellen miteinander verbindbar.

[0027] Zur Vermeidung eines unbeabsichtigten Austretens von Wasser sowie zur Vermeidung einer zu star-

ken Befüllung ist vorgesehen, daß der Versorgungsanschluß und der Schlauchanschluß auf einem erhöhten Sockel des Deckels angeordnet sind.

[0028] Eine besonders funktionelle geometrische Gestaltung wird dadurch bereitgestellt, daß sowohl der Versorgungsanschluß als auch der Schlauchanschluß eine im wesentlichen winkelförmige Gestaltung aufweisen.

[0029] Die manuelle Handhabung bei einem Zusammenfügen und Trennen der einzelnen Modulelemente wird dadurch erleichtert, daß mindestens ein Verlängerungsteil für die Druckmeßleitung innerhalb des Deckels angeordnet ist.

[0030] Eine besonders einfach zu montierende Konstruktion kann dadurch erreicht werden, daß das Verlängerungsteil als ein plattenförmiges Verbindungselement ausgebildet ist.

[0031] Eine vereinfachte Geometrie der Einzelemente kann dadurch erreicht werden, daß das Verlängerungsteil mit einem Schlauch verbundene stutzenartige Anschlußteile aufweist.

[0032] Zur Unterstützung einer günstigen Strömungsführung ist vorgesehen, daß sich der Versorgungsanschluß und der Schlauchanschluß in Richtung der Strömungshauptachse mindestens bereichsweise zylindrisch erstrecken.

[0033] Eine sehr einfache Handhabung bei einer Befüllung des Atemgasbefeuchters kann dadurch bereitgestellt werden, daß der Deckel eine Wasserzufuhr aufweist.

[0034] In einem Gebrauchszustand erfolgt eine Geräteanordnung derart, daß die Atemgasversorgung über den Schlauchanschluß mit dem Atemgasschlauch und über den Versorgungsanschluß mit der Atemgasversorgung verbunden ist.

[0035] Eine einfache manuellen Handhabbarkeit wird auch dadurch unterstützt, daß der Atemgasbefeuchter im Bereich seiner der Atemgasversorgung zuwendbaren Ausdehnung eine lösbare Arretierung aufweist.

[0036] Ebenfalls ist vorgesehen, daß der Schlauchanschluß über eine lösbare Arretierung mit dem Atemgasschlauch verbindbar ist.

[0037] Eine große mechanische Belastbarkeit wird dadurch erreicht, daß der Deckel eine Ausnehmung zur Befestigung des Schlauchanschlusses aufweist.

[0038] Insbesondere ist daran gedacht, daß der Schlauchanschluß mit einem Halterungsstutzen in die Ausnehmung eingreift und durch einen Dichtring gegenüber der Ausnehmung abgedichtet ist.

[0039] Darüber hinaus kann die mechanische Belastbarkeit dadurch erhöht werden, daß der Deckel eine Ausnehmung zur Befestigung des Versorgungsanschlusses aufweist.

[0040] Auch bezüglich dieser konstruktiven Realisierung erweist es sich als vorteilhaft, daß der Versorgungsanschluß mit einem Halterungsstutzen in die Ausnehmung eingreift und durch einen Dichtring gegenüber der Ausnehmung abgedichtet ist.

[0041] Eine Spritzwasserbildung innerhalb des Atemgasbefeuchters kann dadurch vermieden werden, daß im Bereich einer Einmündung des Versorgungsanschlusses in den Deckel eine Prallplatte angeordnet ist.

[0042] Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, daß die Prallplatte als Teil des Versorgungsanschlusses ausgebildet ist.

[0043] Alternativ ist es auch möglich, daß die Prallplatte als Teil des Deckels ausgebildet ist.

[0044] Eine verbesserte Positioniersicherheit durch Bereitstellung eines Formschlusses kann dadurch erreicht werden, daß der Versorgungsanschluß und der Schlauchanschluß von mindestens einem Positionierstift formschlüssig miteinander verbindbar sind.

[0045] Eine einfache Montage wird dadurch unterstützt, daß der Positionierstift in einer Ausnehmung eines der Anschlüsse fest eingesetzt ist und in die andere der Ausnehmungen spielbehaftet eingreift.

[0046] Einfaches Handling wird dadurch erreicht, dass alle Module durch zapfen bzw. Nut und Feder-Mechanismen miteinander verbunden werden können. Also einfach ineinander gesteckt werden können.

[0047] Eine lange Befeuchtungsdauer ohne Wartung wird erreicht, indem die Wasserversorgungsmodule bis zu 5000 ml Flüssigkeit fassen können oder dadurch, daß ein kontinuierlicher Nachfluß von Wasser besteht.

[0048] Ein geringer Energiebedarf des Gerätes wird erreicht, indem zur Erwärmung des Wassers teilweise die Geräteabwärme des jeweiligen Beatmungsgeräts genutzt wird.

[0049] Zur Vermeidung von Kondensation enthält ein Modul eine beheizte Luftzuführung und eine Isolierung.

[0050] Die relative Erhöhung der Luftfeuchtigkeit ist hauptsächlich abhängig von der Luft- und der Wassertemperatur.

[0051] Die folgende Tabelle zeigt die Sättigung der Atemluft mit Wasser, wobei die Sättigung von der Temperatur abhängig ist.

Temperatur [°C]	Wasserdampfdruck [mmHg]	Wasserdampfdruck [kPa]
20	17,5	2,33
21	18,7	2,49
22	19,8	2,64
23	21,1	2,81
24	22,4	2,99
25	23,8	3,17
26	25,2	3,36
27	26,7	3,56
28	28,3	3,77
29	30,0	4,00
30	31,8	4,24
31	33,7	4,49
32	35,7	4,76
33	37,7	5,03
34	39,9	5,32
35	42,2	5,63
36	44,6	5,95
37	47,0	6,27

[0052] Mit einem weiteren Modul wird das Gerät bedarfsgesteuert betrieben. Eine Sensorik erfasst die Umgebungsfeuchte sowie die Umgebungstemperatur und regelt bei Veränderung die Anfeuchtungsleistung. Hierbei kann der Anwender weiterhin den Grad der Anfeuchtung und die Temperatur der Luft frei regeln. Wobei das Gerät die Einstellungen des Patienten nur innerhalb sinnvoller Grenzen umsetzt. So wird beispielsweise immer eine Mindestanfeuchtung der Atemluft bereitgestellt und eine übermäßige Kondensation insbesondere im Schlauch vermieden.

[0053] Mit einem Zusatzmodul für die bedarfsgesteuerte Regelung des Atemgasbefeuchters wird die Atemgasbefeuchterleistung über ein Biofeedback des Patienten geregelt. Eine Sensorik erfasst den aktuellen Befeuchtungsbedarf des Patienten und regelt die Atemgasbefeuchterleistung dem Bedarf entsprechend. Als Meßparameter kann gewählt werden zwischen: Expiratorischer und/oder inspiratorischer Luftfeuchtigkeit, Expiratorischer und/oder inspiratorischer Lufttemperatur, einer Messung der Oberflächenfeuchtigkeit an den

Schleimhäuten der oberen Atemwege oder aber einer Kombination aus allem. Parallel kann auch der Verlust-Flow über eine eventuell bestehende Mundexpiration bzw. auch der Verlust-Flow über Nase/Mundleckage registriert werden und die Atemgasbefeuchterleistung entsprechend hochreguliert werden.

[0054] Die Auswertung der Meßdaten erfolgt vorzugsweise mittels Fuzzy-Logik und/oder neuronalen Netzen.

[0055] Bevorzugt werden die vorgenannten Module kombiniert, um eine ideale bedarfsgerechte Anfeuchtung und Erwärmung des Atemgases zu jedem Zeitpunkt sicherzustellen. Die Befeuchtungsleistung kann fest eingestellt oder bedarfsgerecht geregelt werden. Dies kann in Stufen oder stufenlos erfolgen.

[0056] Der Feuchtigkeitsgehalt und die Temperatur des Atemgases sind entweder in einem automatischen Modus ideal geregelt und/oder durch den Anwender fest und oder innerhalb zu wählender Grenzen festzulegen. Die automatische Funktion ist ein Bestandteil eines Comparators, der ebenso die Anwendereingaben umsetzt. Das Gerät regelt auf die gewählten und/oder benötigten Werte ein. Eine Sensorik erfasst die Umgebungfeuchte und/oder die Umgebungstemperatur und/oder die Zusammensetzung der Umgebungsluft und/oder die Helligkeit und/oder klimatische Größen und/oder den Fluss von Atemgas und/oder den Druck des Atemgases und/oder eventuell vorliegende Leckagen und/oder den aktuellen Befeuchtungsbedarf des Patienten und/oder die expiratorische und/oder die inspiratorische Luftfeuchtigkeit und/oder die expiratorische und/oder die inspiratorische Lufttemperatur und/oder die Feuchtigkeit an den Schleimhäuten der oberen Atemwege und/oder eine zeitliche Änderung der Meßgrößen und/oder eine Änderung der Meßgrößen und regelt bei einer Veränderung den Grad der Anfeuchtung und die Temperatur des angefeuchteten Atemgases.

[0057] Die Auswertung der Meßdaten erfolgt vorzugsweise mittels Fuzzy-Logik und/oder neuronalen Netzen und/oder durch geeignete Algorithmen durch einen Comparator. Dieser vergleicht den Ist- mit dem Soll-Zustand. Falls Ist- und Sollzustand bei mindestens einem gemessenen Parameter abweichen sendet der Comparator ein entsprechendes Signal an den Regler. Dieser regelt die Leistung solange, bis der Ist- dem Sollzustand entspricht.

[0058] Als Sensoren können geeignete optische, elektronische, mechanische, magnetische Sensoren Verwendung finden.

[0059] Alternativ kann zwischen einer kabelgebundenen oder einer telemetrischen Übertragung der Messdaten vom Patienten zum Atemgasbefeuchter gewählt werden.

[0060] Ein weiteres modular auswechselbares Bauteil ist eine Vorrichtung zur Energieversorgung. Der Atemgasbefeuchter wird typisch zusammen mit einem Beatmungsgerät betrieben. Für den Fall, dass der Anwender eine mobile Einheit, wünscht, ist eine Energieversorgung mit Solarzellen, Akkumulatoren, Batterien, vorzugsweise aufladbaren Akku, Brennstoffzellen oder miniaturisierten Verbrennungsmotoren möglich.

[0061] Gerade im Falle einer mobilen Nutzung ist die Verkippsicherheit des bevorrateten Wassers wichtig. Modular auswechselbare Bauteile befinden sich im Bereich der Wasserversorgung und ermöglichen, beispielsweise dadurch, dass das Wasser in einem porösen Bauteil gehalten wird, einen Verkippschutz. Ideal gibt es keine freie Flüssigkeitsmenge mehr.

[0062] Eine einfache Befüllbarkeit wird dadurch realisiert, dass zum Befüllen ein Trichter aus der Wasserzufuhr hochklappt.

[0063] Als Zusatzmodul kann der Füllstand im Atemgasbefeuchter durch eine Sensorik erfasst werden. Somit kann bei Bedarf gezielt weiteres Wasser dem Atemgasbefeuchter zugeführt werden, beispielsweise durch eine Pumpe oder ein elektrisch betätigtes Ventil. Die sich ergebenden Vorteile: Es ist immer nur sehr wenig Wasser im Atemgasbefeuchter, eine Verkipf-Problematik existiert damit kaum. Zudem herrschen konstante Bedingungen für die Anfeuchtung.

[0064] Der Wasserfüllstand oder die bevorratete Wassermenge wird in einem anderen Ausführungsbeispiel mittels einer Waage erfaßt, die im Bereich des Befeuchters angeordnet ist.

[0065] Mögliche Ausführungsformen der Sensorik:

- Schwimmer, der einen Schalter, Reed-Kontakt etc. betätigt. Der Schwimmer kann auch direkt auf das Zuführventil wirken.
- Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers: Sinkt der Wasserstand unter zwei Elektroden im

Atemgasbefeuchter, so kann kein Strom mehr zwischen den Elektroden fließen

– Optische Sensoren, z.B. Reflektionen an der Wasseroberfläche)

– Weitere Module ermöglichen die Kommunikation bzw. Information der Anwender beispielsweise über aktuelle Betriebszustände. Bei einem auszuwählenden Modul wird die aktuelle Feuchte und Wärme des Atemgases und/oder die eingestellten Werte für diese Parameter, als prozentualer oder absoluter Wert, angezeigt. Mit einem weiteren Modul kann der Anwender eine Anzeige der Nutzungsdauer, eine Speicherung der Werte für die Nutzungsdauer und eine Einstellung der Nutzungsdauer adaptieren. Ein optionaler Reinigungsindikator, der mit dem Modul "Nutzungsdauer" gekoppelt sein kann, zeigt dem Benutzer die empfohlenen Reinigungs und/oder Wartungstermine an.

– Die Kommunikation kann durch ein weiteres Modul um eine Spracherkennung und/oder Sprachausgabe erweitert werden. Der Befeuchter kann somit z.B. bettlägerigen Patienten eine Fernsteuerung über eine Spracherkennung ermöglichen und mögliche Fehlerfälle und/oder aktuelle Zustände/Daten über die Sprachausgabe kommunizieren. Weitere Module ermöglichen die Kommunikation mit intelligenter Technik und/oder die Versendung und/oder das Empfangen und/oder das Anzeigen von Nachrichten. So kann der Befeuchter über oder telemetrische und/oder kabelgebundene (Display, Anzeigen, SMS, Email, infrarot, bluetooth®) Informationsweitergabe aktuelle Zustände versenden/anzeigen. Die Anzeige kann z.B. in Form von organischen lichtemittierenden Dioden (OLEDs) erfolgen. Gleichzeitig ermöglicht die Kommunikation auch eine Ferneinstellung, Fernwartung und/oder Fernabfrage von Befeuchter-Parametern. Ist z.B. nur noch wenig Wasser im Vorratsbehälter sendet der Befeuchter rechtzeitig eine Nachricht.

[0066] Die Module ermöglichen eine umfassende Überwachung von Temperatur und Feuchtigkeit, sowie von wichtigen und informativen Funktionswerten. Außerdem werden automatische Warnsignale bei Fehlern oder Abweichungen generiert und angezeigt bzw. versendet.

[0067] Das Design des jeweils konfigurierten Gerätes ist weitgehend frei wählbar. Für das Gerät werden auswechselbare Abdeckungen, Verblendungen und Oberschalen verfügbar. Diese sind in Form, Farbe und Design unterschiedlich und können bevorzugt an das Design der jeweils verwendeten Atemgasversorgung angelehnt sein. Alternativ können die Wünsche des Kunden durch die Bereitstellung einer Auswahl unterschiedlicher Formen, Farben, Designs und Materialien (insbesondere auch individuell angepasst) erfüllt werden. Der Austausch der Abdeckungen/Oberschalen kann durch den Anwender selbst erfolgen, da der Mechanismus einfach und selbsterklärend ist. Je nach Bauteil kommen beispielsweise Nut und Feder, gummielagerte Steckverbinder oder ähnliche Bauteile zum Einsatz.

[0068] Für die Wasserversorgung kann der Anwender, entsprechend seinem Bedarf, verschiedene Module wählen. Im Bereich der häuslichen Verwendung ist eine kontinuierliche Quelle von Wasser beispielsweise über einen Anschluß des Befeuchters an die Haus-Wasserleitung realisierbar. Hier ist es auch möglich direkt einen Warmwasserzufluß zu wählen. Dadurch wird keine Heizung mehr benötigt.

[0069] Eine Verbesserung des Handling und eine Reduktion des Reinigungsaufwandes wird durch ein Modul bereitgestellt, das den Befeuchter mit Sterilwasser versorgt. Das Wasser wird nicht in den Befeuchter gefüllt. Die Sterilwasserversorgung, beispielsweise eine Plastikflasche wird ausgetauscht sobald sie leer ist. Diese Option ist z.B. für bettlägerige Patienten geeignet, pflegende Angehörige müssen somit sehr wenig Zeit für die Wartung der Technik aufwenden und können sich voll dem zu Pflegenden widmen.

[0070] Durch eine Isolation der Wandungen der Wasserversorgung können Wärmeverluste vermieden werden. Die Aufheizung des Wassers ist effektiver, schneller und energiesparender. Dadurch kann eine erhöhte Grad der Anfeuchtung bei gleichbleibender Energiezufuhr erreicht werden.

[0071] Eine längere Befeuchtungsdauer bei Patienten mit erhöhtem Feuchtigkeitsbedarf, beispielsweise durch Mundatmung, kann durch Module, die eine Kondensation von Luftfeuchtigkeit erlauben, erreicht werden.

[0072] In einer Ausführungsform wird durch die Verwendung eines Peltier-Elementes die Luftfeuchtigkeit durch lokale Temperaturabsenkung zur Kondensation gezwungen werden. In einem Bereich des Peltier-Elementes, in dem die tiefen Temperaturen vorliegen, wird das Kondensat aufgefangen und der Wasserversorgung zugeführt. Alternativ kann das Peltierelement direkt die Kammer abkühlen. Gleichzeitig wird die Warmseite des Elementes genutzt, um damit die Luft vorzuwärmen, bevor sie durch den Befeuchter streicht und Wasser aufnimmt.

[0073] Eine längere Befeuchtungsdauer bei Patienten mit erhöhtem Feuchtigkeitsbedarf, beispielsweise durch Mundatmung, kann auch durch die Verwendung von Modulen, die hygroskopische Materialien bereitstel-

len, erreicht werden. In einer Ausführungsform wird der Beatmungsschlauch hierzu mit einer Umhüllung versehen, durch die die feuchte Ausatemluft des Patienten streicht. Die Wand zwischen dem Beatmungsschlauch und der äußeren Umhüllung ist aus einem feuchtigkeitsaufnehmenden Material hergestellt. Eine Beschichtung der Trennwand mit HME fähigen Materialien erhöht die Feuchtigkeitsaufnahme. Die Beatmungsluft, von der Atemgasquelle kommend, streicht an dieser feuchten Wand entlang und nimmt die Feuchtigkeit auf und führt sie dem Patienten zu. Bei einem alternativen Modul befindet sich in der Innenseite der Maske ein hygroskopisches Material. Bei einer weiteren adaptierbaren Variante wird ein Silicagel verwendet. Das Silicagel entzieht der Ausatemluft einen großen Teil der Feuchtigkeit. In periodischen Abständen wird das SilicaGel erwärmt. Als Folge der Erwärmung wird die Feuchtigkeit wieder abgegeben und über einen Schlauch dem Wasservorrat zugeführt.

[0074] Ein Modul speziell für die mobile Anwendung eines Beatmungsgerätes mit Atemgasbefeuchter zielt darauf ab, praktisch kein elementares Wasser mit sich führen zu müssen und auch energetisch nicht von Strom, insbesondere von schweren Akkus, abhängig zu sein.

[0075] In eine Ausführungsform dieses Moduls wird Wasser aus elementarem Sauerstoff und Wasserstoff in einer Brennstoffzelle erzeugt. Die dabei anfallende Energie wird zum Betrieb des Gerätes, des Atemgasbefeuchters und ggfs. der Heizung genutzt.

[0076] Wasser kann auch in anderer Aggregatform, beispielsweise als Eis, bevorratet werden. Dadurch kann ein verkippt- bzw. Auslaufschutz erreicht werden und zudem ist es möglich, nur den jeweils zur Befeuchtung benötigten Anteil vom Eis gezielt beispielsweise mit Strahlung zu verdampfen. Dieses Modul sieht weiterhin vor, die Verdampfung des Eises mittels Strahlung atemphasenabhängig durchzuführen. Bevorzugt wird der Regelalgorithmus derart eingestellt, dass über eine Erkennung der Atemphasen die Verdampfung jeweils kurz vor der Einatmung durchgeführt wird. Als Trigger kann die Pause zwischen Expiration und Inspiration dienen. Dadurch wird das Atemgas nur dann befeuchtet, wenn der Patient – physiologisch sinnvoll – befeuchtetes Atemgas benötigt. Der Wasservorrat hält länger.

[0077] Bei einem weiteren Modul ist das Wasser in einem Gel eingebunden, es ergibt sich hieraus ein verkippt- bzw. Auslaufschutz, weil das Gel bei einer Schiefstellung des Atemgasbefeuchters nicht oder nur langsam fließen kann. Das Gel kann wie Wasser erwärmt werden und gibt die Feuchtigkeit, analog zu einer Wasseroberfläche, an die überstreichende Luft ab. Zudem wird bevorzugt ein Gel gewählt, welches Wärme länger speichert als Wasser, wodurch sich der Energieaufwand reduziert.

[0078] Die Wasserversorgung kann durch ein alternativ zu wählendes Modul auch in Form einer Vogeltränke ausgebildet sein. Hierbei wird jeweils nur die aktuell zu befeuchtende und oder zu erwärmende Wassermenge der Wasserversorgung entnommen. Der Wasservorrat hält länger und es wird weniger Energie für die Erwärmung, beispielsweise mittels Strahlung, des Wassers verbraucht. Bei einer bevorzugten Ausgestaltung dieses Moduls wird Wasser atemphasenabhängig dem Befeuchterraum zugeführt. Bevorzugt wird der Regelalgorithmus derart eingestellt, dass über eine Erkennung der Atemphasen die Verdampfung und oder Aufheizung des Wassers jeweils kurz vor der Einatmung durchgeführt wird. Als Trigger kann hier die Pause zwischen Expiration und Inspiration dienen. Dadurch wird das Atemgas nur dann befeuchtet, wenn der Patient – physiologisch sinnvoll – befeuchtetes Atemgas benötigt.

[0079] Eine wasserstandsunabhängige Strömung im Atemgasbefeuchter wird durch das Modul des Wasserniveauausgleichs sichergestellt. Über eine Feder wird der Wasservorrat immer in optimaler Lage zum Luftstrom gehalten. Die Feder drückt den Wasservorrat sukzessiv nach oben, sowie die bevorratete Wassermenge abnimmt. Unabhängig von der Wassermenge weist die Wasseroberkante immer die gleiche Höhe auf. Dadurch wird erreicht, dass der Grad der Anfeuchtung konstant gehalten wird. Zudem bleibt die Schallentwicklung konstant und ändert sich nicht mit abnehmendem Wasserstand und wird lauter.

[0080] Eine Befüllung des Wasservorrates erfolgt je nach gewähltem Wasservorrat-Modul. Für die kontinuierliche Wasserversorgung, beispielsweise über einen Anschluß des Befeuchters an die Haus-Wasserleitung, erfolgt eine Selbstbefüllung des Wasservorrates, beispielsweise über Ventile, Unterdruck, Schwimmschalter oder ähnliches.

[0081] Die Befeuchtung der Atemluft erfolgt bei den einzelnen Modulen zur Bevorratung des Wasser prinzipbedingt häufig auf unterschiedliche Arten. Grundsätzlich ist jedoch vorgesehen, im Rahmen der Austauschbarkeit der Module auch verschiedene Prinzipien der Befeuchtung zu verwenden um auch hier die jeweils optimale/gewünschte Lösung anbieten zu können.

[0082] Bei Membranbefeuchtern sind die Luft- und die Wasserseite durch eine semipermeable Membran beispielsweise GoreTex, Nafion-Membran, voneinander getrennt. Die Membran lässt Wasser in Richtung des Befeuchtungsraumes passieren. Auf diese Weise lässt sich eine große Kontaktfläche Wasser-Luft realisieren, bei gleichzeitig optimaler Strömungsführung und geringen Schallemissionen.

[0083] Bevorzugt kann die Wasserversorgung im Bereich des Beatmungsschlauches realisiert sein. Besonders bevorzugt bestehen im Bereich des Beatmungsschlauches in mehreren, vorzugsweise in Ihrer Anordnung zueinander dreidimensional orientierten Bereichen, Kontaktstellen zwischen semipermeabler Membran und Atemgas. Ideal wird ein weitverzweigtes feines Kapillarnetz ausgebildet, dass eine sehr große Kontaktfläche Wasser-Atemgas bereitstellt. Bei einem Zusatzmodul, kann gleichzeitig die Heizung im Bereich des Beatmungsschlauches angeordnet sein. Bevorzugt sind die Heizung und die Membran so gestaltet, dass durch die Erwärmung die erwärmten Bereiche der Membran einen verstärkten Durchgang von Wasser durch die Membran ermöglichen. Die Erwärmung kann außerdem bedarfsgerecht und sehr genau geregelt werden. Hierdurch wird eine Kondensation von Wasserdampf im Bereich der Membran, der der Beatmungsluft zugewandt ist, vermieden. Zudem kann die Regelung derart erfolgen, daß das Atemgas im Einklang mit den Atemphasen mehr oder weniger angefeuchtet wird.

[0084] Bei Modulen, die nach dem Prinzip eines Tropf-Befeuchters arbeiten, ist die Wasserversorgung oberhalb des Wasserauslasses angeordnet. Die Öffnung des Wasserauslasses zum Befeuchtungsraum hin ist so gestaltet, dass aufgrund der Oberflächenspannung des Wasser kein Wasser heraustropft. Durch kurzes Beheizen des Wasserauslasses wird die Viskosität des Wassers verringert, die Oberflächenspannung sinkt und erwärmtes Wasser tropft aus dem Tank. Durch Abkühlen der Öffnung wird die kritische Oberflächenspannung wieder erreicht, es tropft kein Wasser mehr. Eine sehr dynamische und bedarfsgerechte Regelung der entnommenen Wassermenge lässt sich durch eine entsprechende Taktung der Zuführung von Wasser zum Befeuchtungsraum, in Einklang mit den Atemphasen erreichen. Bevorzugt wird kurz vor der Einatmung Wasser dem Befeuchtungsraum zugeführt.

[0085] Alternativ kann der Tropfbefeuchter auch derart ausgeführt sein, dass eine beheizbare Metallplatte kleine Bohrungen aufweist. Auf dieser Platte ist die Wasserversorgung positioniert. Das Wasser befindet sich somit direkt auf der Metallplatte. Die Größe der Bohrungen ist so gewählt, dass aufgrund der Kapillarkräfte kein Wasser ausfließt. Wird nun die Platte beheizt, verändert sich die Wasserviskosität und Wasser tritt aus. Durch die Regelungen der Energiezufuhr lässt sich somit die Wasserzufuhr zum Befeuchtungsraum regeln.

[0086] In einer anderen Ausführung des Tropfbefeuchters sind mehrere beispielsweise parallele Rohre wassergefüllt. Diese Rohre können sich entlang des Beatmungsschlauches erstrecken. Die Rohre weisen feine Löcher/Öffnungen auf. Die Öffnungen können gesteuert geöffnet/geschlossen werden. Auch hier tritt, wie beim Tropf-Befeuchter, erst dann Wasser aus, wenn die Röhren und oder die Öffnungen beheizt werden. Alternativ werden in beiden Modulen die nach dem Prinzip eines Tropf-Befeuchters arbeiten, die Öffnungen elektronisch, mechanisch, pneumatisch oder magnetisch geöffnet oder geschlossen.

[0087] Die Heizung kann das Wasser auch mittelbar erwärmen. Alternativ bietet ein weiteres Modul die Option, erwärmte Luft in den Befeuchtungsraum zu leiten. Anstelle des Wassers wird die Luft, die in den Atemgasbefeuchter geleitet wird, erwärmt. Dadurch kann bei niedriger Wassertemperatur mehr Feuchtigkeit aufgenommen werden.

[0088] Ein weiteres Modul zur Erwärmung des Wassers stellt eine dünne, stromleitende Schicht dar, die im Bereich der Wasserversorgung angeordnet ist.

[0089] Die dünne Schicht kann bevorzugt den gesamten Wasservorrat auskleiden. Dadurch wird eine besonders große Wärmeübergangsfläche geschaffen. Die stromleitende Schicht kann beispielsweise aufgedampft werden und aus allen geeigneten Materialien bestehen, die einen guten Wärmeübergang aufweisen, insbesondere ist an Gold, Silber, Kupfer und ähnliche Metalle gedacht. Die Grenzfläche zum Wasser hin ist bevorzugt elektrisch isoliert.

[0090] Geeignet für die Isolierung sind alle nicht elektrisch leitenden Materialien mit gutem Wärmeleitvermögen. Die isolierende Schicht ist typisch sehr dünn, bevorzugt im Bereich weniger μm und nm dick und kann beispielsweise aufgedampft werden. Die stromleitende Schicht dient nicht allein der Erwärmung des Wassers. Insbesondere ist daran gedacht, über die stromleitende Schicht auch die aktuelle Wassertemperatur zu ermitteln und auch den Wasserstand zu bestimmen.

[0091] Beispielsweise kann in Phasen in denen nicht geheizt wird, die Temperatur des Wassers ermittelt werden, um dann die Heizleistung entsprechend anzupassen. Ebenso kann in Phasen, in denen nicht geheizt wird, die Füllhöhe des Wassers bestimmt werden. Die Heizleistung kann somit dem abnehmenden Wasserstand angepasst werden.

[0092] Als Energiequelle für die Erwärmung der Luft kann beispielsweise die warme "Abluft" der Elektronik genutzt werden. Es ist ebenfalls möglich, eine Heizspindel, wie sie in Haartrocknern Verwendung findet, anzuwenden. Bevorzugt werden beide Quellen gleichzeitig genutzt. Das Atemgas wird kontinuierlich durch die warme Abluft der Elektronikbauteile vorgewärmt und zusätzlich durch geeignete Einrichtungen auf die gewünschte Temperatur hochgeregelt. Das Aufheizen der Atemluft kann atemphasengesteuert erfolgen.

[0093] Ein weiteres Modul stellt den Aufbau eines Einspritzbefeuchters nach dem Prinzip eines Tintenstrahldruckers (Piezo oder Bubble-Jet) bereit. Die feinen Austrittsöffnungen sind bevorzugt in einem Elastomerteil angeordnet, sodass beispielsweise Kalkablagerungen durch Verformen des Elastomerteils beseitigt werden können. Die Einspritzung kann diffus in einen Befeuchtungsraum und/oder im Beatmungs-Gerät auf Motor, Gebläse oder Lüfterrad erfolgen.

[0094] Ein alternatives Modul stellt eine Pumpe bereit, welche Wasser in kleinsten Mengen bevorzugt direkt auf das Lüfterrad oder ein vorgeschaltetes Zerstäubungselement appliziert. Durch die hohe Umdrehungsgeschwindigkeit und die kleine pulsartig abgegebene Menge wird das Wasser unmittelbar zerstäubt und mit dem Luftstrom mitgerissen. Die beschriebenen Module ermöglichen eine schnelle und zeitlich genau steuerbare Zerstäubung.

[0095] Durch ein Zusatzmodul kann die Atemluft und/oder die befeuchtete Atemluft durch zumindest ein Heizgitter, welches sich im Luftweg befindet, auf die gewünschte Temperatur erwärmt werden. Bevorzugt werden diese Module zusammen mit einer nicht kontinuierlichen Anfeuchtung des Atemgases eingesetzt. Insbesondere ist daran gedacht, die Anfeuchtung derart zu steuern, dass dem Patienten in Phasen der Inspiration eine höhere Feuchtigkeit und/oder Temperatur bereitgestellt wird als in Phasen der Expiration. Dadurch werden Wasser und Energie bedarfsgerecht und zugleich sparsam eingesetzt.

[0096] Entsprechend einer anderen Ausführungsform wird das Wasser durch eine Umwälzpumpe in den Atemgasbefeuchterbereich gepumpt und läuft über eine oder mehrere Wände, Gitterstrukturen oder ähnliche Einrichtungen in den Tank zurück. Durch ein Verteilsystem, beispielsweise mehrere Düsen oder rinnenförmige Verteilkanäle wird eine möglichst gute Benetzung der Wände mit Wasser erreicht. Die Atemluft strömt über die Wände und nimmt die Feuchtigkeit auf.

[0097] Denkbare Ausführungsformen der Pumpe: Zahnradpumpe, Kolbenpumpe, Pumpe mit Turbinenrad, Pumpe mit pulsierenden Elementen, beispielsweise Membranen. Es können Ventile zur Vorgabe der Förderrichtung, Schlauchpumpen, am Schlauch langstreichende Elemente, Impeller-, Exzentrerschnecken-, Seitenkanalrad- oder Kreiselpumpen verwendet werden.

[0098] Nach einer weiteren Ausführungsform über dem Tank eine Trennwand mit einer Öffnung angeordnet werden. Ist die Öffnung in einem Abstand zur Außenwand des Tanks angeordnet, so ergibt sich durch die Trennwand ein Verkippschutz des Atemgasbefeuchters.

[0099] Generell ist es denkbar, den gesamten Anfeuchtebereich einschließlich der Trennwand als abnehmbaren Deckel des Atemgasbefeuchters auszubilden und so eine leichte Reinigbarkeit zu erreichen.

[0100] Optional kann das Wasser für eine bessere Atemgasbefeuchterleistung durch einen Durchlauferhitzer erwärmt werden.

[0101] Das Befeuchterprinzip wird nachfolgend näher erläutert.

[0102] Durch ein Modul wird im Sinne eines Bypass nur eine Teilmenge des Atemgases angefeuchtet. Bevorzugt kann dieses Modul um eine Regeleinheit ergänzt werden, wobei durch die Einstellung/Regelung des Mischungsverhältnisses zwischen angefeuchtetem und nicht angefeuchtetem Atemgas bei relativ konstanter Heizleistung die dem Patienten bereitgestellte Feuchtigkeit und Temperatur geregelt werden kann. Der Vorteil dieses Moduls ist die sehr schnelle Regelung, die insbesondere atemzugweise mehrfach angepasst werden kann.

[0103] Bevorzugt ist daran gedacht, die Anfeuchtung derart zu steuern, dass dem Patienten in Phasen der Inspiration eine höhere Feuchtigkeit und/oder Temperatur bereitgestellt wird als in Phasen der Expiration. Auch kann innerhalb einer Atemphase beispielsweise anfangs- und endinspiratorisch unterschiedlich angefeuchtet werden.

[0104] Bevorzugt ist daran gedacht, die Anfeuchtung derart zu steuern, dass dem Patienten in Phasen der beginnenden und endenden Inspiration eine geringere Feuchtigkeit bereitgestellt wird als in Phasen der mittleren Expiration. Dadurch ergibt sich eine geringere Feuchtigkeit im Totraum und die Kondensation im Schlauch kann so effektiv vermindert werden.

[0105] Besonders bevorzugt ist daran gedacht, die Anfeuchtung derart zu steuern, dass dem Patienten atemphasenabhängig und/oder ereignisabhängig die jeweils benötigte Anfeuchtung und Temperierung der Atemluft bereitzustellen. Dies kann synchronisiert mit der Erkennung der Atemphasen und/oder der Erkennung von Ereignissen die die Atmung des Patienten beeinflussen beispielsweise Apnoen, Husten, Schlucken, durch das Beatmungsgerät geschehen.

[0106] Mit dem Modul "Rückbefeuchtung" werden verschiedene Bauteile wie Maske und/oder Schlauch als Wasser- und/oder Wärmespeicher ausgerüstet. Die Maske und/oder der Schlauch und/oder der Befeuchter werden von innen mit einem geeigneten wasserspeichernden Material (HME heat moisture exchanger) ausgekleidet, welches die Feuchtigkeit der Ausatemluft bindet und beim nächsten Einatemzug wieder an die Atemluft abgibt. Weiterhin kann in die Maske ein Atemgasbefeuchter integriert werden.

[0107] In einem Ergänzungsmodul wird das oben beschriebene HME-Prinzip noch erweitert. Das HME Bauteil ist hier deutlich größer und derart konstruiert, dass innerhalb der Matrix zumindest die Luftfeuchte und die Temperatur weitgehend konstant bleiben und im wesentlichen den Werten der Ausatemluft entsprechen. Dies wird durch eine große Oberfläche der Matrix, die mit feinen innen hohlen Kapillaren durchsetzt ist, sichergestellt. Der Sauerstoff und Kohlendioxidaustausch erfolgt innerhalb der Kapillaren durch Diffusion. Dieses Modul ist elastisch und kann mechanisch bewegt werden, woraus sich eine Ventilation ergibt. Alternativ ist eine übliche Atemgasquelle anschließbar.

[0108] Im folgenden wird der Eingang Luft näher erläutert, die mit einer Rücklauf-Verkipp-Sicherung – (Schottwände zur Verhinderung von Rückfluss, Verkipp-Sicherung) versehen ist. Durch Wände im Bodenbereich des Wasservorrat-Behälters wird beim Kippen des Wasserbehälters Wasser zurückgehalten. Es können mehrere Wände beispielsweise konzentrisch zueinander ausgebaut sein. Zudem kann die Höhe der Wände zum Versorgungsanschluß oder zum Beatmungsanschluß hin zunehmen, so dass der notwendige Kippwinkel zum Wasserrückfluß in das Gerät mit jeder Wand größer wird. Die entstandenen Kammern können auch durch sehr kleine Öffnungen verbunden werden, so dass der Rückfluß zudem zeitlich gedehnt wird. Der mittlere Bereich kann so ausgebildet sein, daß die Luft durch bevorzugt als Düsen ausgebildete Löcher auf die Wasseroberfläche trifft, mit dem Ziel einer Erhöhung der Atemgasbefeuchterleistung.

[0109] Als eine Art sehr schnelle und effektive Art der Erwärmung des Wassers wird ein Modul bereitgestellt, das Strahlung zur Erwärmung verwendet. Denkbar sind Strahlungsarten verschiedener Energiebereiche und Wellenlängen, beispielsweise Infrarotstrahlung, W-Strahlung, Mikrowellen-Strahlung. Bevorzugt werden Strahlungsarten eingesetzt, die gleichzeitig eine desinfizierende und eine Wärme-Wirkung aufweisen. Besonders bevorzugt kann die Strahlung auf kleine Wassermengen einwirken, so dass das Wasser durch die Einwirkung der Strahlung nahezu vollständig verdampft. Somit kann gleichzeitig eine Erwärmung und/oder eine Desinfektion und/oder eine Befeuchtung der Beatmungsluft erreicht werden.

[0110] Die eigentliche Heizeinrichtung kann als einfache Metallplatte ohne elektrische Versorgung ausgeführt werden. Die Energie für die Erwärmung der Heizeinrichtung wird dann kontaktlos durch Wirbelstrom, Induktion, zugeführt.

[0111] Das Wasser wird aus der Wasserversorgung durch eine heizbare Leitung geführt und dann in kleinen Portionen auf einen Verdunstungsraum geleitet. Der Vorteil ist hierbei die geringe benötigte Heizleistung bei großer thermischer Dynamik, da jeweils nur eine kleine Wassermenge erhitzt wird. Durch geeignete Anordnung eines Rückschlagventils, beispielsweise nach dem Prinzip einer Kaffeemaschine, kann das Wasser damit auch auf ein höheres Niveau gepumpt werden.

[0112] Ein alternatives Modul, das es ermöglicht, die Heizwärme immer nur für eine geringe Wassermenge einzusetzen, ist die schwimmende Heizplatte. Die Heizplatte schwimmt dicht unter der Wasseroberfläche und

erwärmt vornehmlich den über der Heizplatte befindlichen Anteil des Wassers. Es wird hierbei vor allem der Anteil des Wassers erhitzt, der auch im Befeuchtungsraum mit dem Atemgas in Kontakt steht. In einem bevorzugt einzusetzenden Modul kann die schwimmende Heizplatte zugleich einen Sensor beinhalten und/oder aktivieren. Der Sensor reagiert, wenn der Wasservorrat zur Neige geht und sendet ein Signal an eine Nachfülleinrichtung und/oder aktiviert die Nachfüllung bis auf ein gewünschtes Wasserstands-Niveau. Auch an diesem Punkt sorgt der in die Heizplatte integrierte Sensor für eine Abschaltung der Nachfüllung von Wasser.

[0113] Eine Ergänzung zur Energieeinsparung kann durch einen Wärmespeicher bereitgestellt werden. Durch Erhitzung des Atemgasbefeuchterbehälters, beispielsweise beim Heißsterilisieren, kochen oder Spülen im Geschirrspüler wird ein im Bereich der Wasserversorgung fest installierter Latentwärmespeicher, beispielsweise durch Mikrokügelchen eines Wärmespeichernden Materials in der Wandung des Wasservorrates, mit Wärmeenergie "aufgeladen". Während der Nutzung des Atemgasbefeuchters wird die Wärme wieder abgegeben und zum Aufheizen des Wassers genutzt.

[0114] Eine weitere Energieersparnis wird durch ein Modul bereitgestellt, das die Anwärmung des Wasservorrates über die Geräteabwärme ermöglicht. Die Abwärme aus dem Gerät wird zum Heizen des Wassers eingesetzt. Beispielsweise ist der Kühlkörper des Netzteils gleichzeitig Kühlkörper und Wasserheizung. Zusätzlich könnte der Kühlkörper mit einer Heizung temperiert werden, um eine einstellbare Wassertemperatur unabhängig von der Gerätelast zu garantieren. Die Wasserversorgung ist vorteilhaft auf dem Gerätetrafo des Beatmungsgerätes positioniert.

[0115] Für den Befeuchter können auch Module zur Erzeugung von Aerosolen verwendet werden. Diese Module bezwecken eine direkte Zufuhr von Substanzen wie Medikamenten, Duftstoffen u.ä. in die Atemwegen. Der Vorteil dieser Ergänzungsmodule ist, dass der Patient seine ohnehin schon vorhandene Einrichtung zur Verabreichung von Atemgas und Befeuchtung des Atemgases einfach, schnell und sicher umrüsten kann und nicht ein zweites Gerät kaufen muß, welches nur für die Erzeugung von Aerosolen benötigt würde. Im einzelnen ist an die folgenden Module gedacht.

- a) Druckvernebler: Ein durch Druck erzeugter Luftstrom vernebelt Flüssigkeit über eine Düse. Beim kontinuierlichen Einsatz eines Druckverneblers geht mehr als die Hälfte der erzeugten Menge eines Aerosols während der Ausatmung des Patienten verloren. Durch Einsatz eines Unterbrechers kann die Verneblung auf insbesondere den Bereich der Inspiration, bevorzugt die mittlere Inspiration, beschränkt werden. Dadurch wird Substanz eingespart. Die von einem Düsenvernebler erzeugte Bandbreite von Partikeln und die pro Zeit vernebelte Menge eines Aerosols ist abhängig von der Dimension der Düse und dem von der Atemgasquelle erzeugten Druck, bez. Fluss. Deshalb sind Atemgasquelle und Verneblereinrichtung gerätespezifisch aufeinander abzustimmen.
- b) Ultraschallvernebler: Durch Schwingungen eines z.B. piezoelektrischen Kristalles wird eine Aerosol erzeugt. Ultraschallvernebler produzieren Aerosole, deren Durchmesser von der elektrisch erzeugten Schwingungsfrequenz abhängig ist. Insbesondere ist dieses Modul derart konstruiert, dass insbesondere im Bereich der Inspiration, bevorzugt zur mittleren Inspiration Aerosole, dem Atemgasstrom zugegeben werden.
- c) Dosieraerosol: Der zur Vernebelung benötigte Druck wird durch Verdampfen erzeugt. Bei Dosieraerosolen gelangten bisher Treibgase zum Einsatz, die nach Entweichen in die Umwelt nur langsam abgebaut wurden und die Ozonschicht schädigten. Mit dem hier bereitgestellten Modul und der Ankopplung an eine Atemgasquelle ist es möglich komplett auf Treibgase zu verzichten. Die Substanz wird fein dosiert nur in den Atemphasen, insbesondere im Bereich der Inspiration, bevorzugt zur mittleren Inspiration, dem Atemgasstrom zugegeben die ermöglichen, dass der Patient die größtmögliche Substanzmenge inhaliert.
- d) Pulververnebler: Das als feines Pulver vorliegende Medikament wird mit dem inspiratorischen Fluss dem Patienten appliziert. Die Trockenpulver-Inhalation setzt voraus, dass der Patient einen Inhalationsstrom von 25–60 l/min erzeugen kann. Dies ist bei Kleinkindern und bei Erwachsenen mit schwerster Luftwegsobstruktion nicht immer der Fall. Das hier bereitgestellte Modul mit der Ankopplung an eine Atemgasquelle ermöglicht es, die Substanz fein dosiert nur in denjenigen Atemphasen, insbesondere im Bereich der Inspiration, bevorzugt zur mittleren Inspiration, dem Atemgasstrom zuzugeben die es ermöglichen, dass der Patient die größtmögliche Substanzmenge inhaliert.
- e) Vorschaltkammer In der Vorschaltkammer schlagen sich die schnellsten und grössten, d.h. die für die Deposition in den unteren Luftwegen nicht geeigneten Aerosolpartikel, nieder. Zudem muss beim Gebrauch einer Vorschaltkammer der Patient nicht synchron mit der Aktivierung das Dosieraerosol einatmen, sondern er kann die Substanz während einiger ruhiger Atemzüge inhalieren. Dadurch wird die Ablagerung der Substanz in den oberen Atemwegen verringert und in den unteren Atemwegen verbessert.

[0116] Die Effizienz der Aerosoltherapie wird durch Verminderung der Adhäsion der Substanzen an der Ober-

fläche der Einrichtungen verbessert. So sind bei den Modulen Oberflächen eingesetzt, die die Adhäsion von Substanzen an den Oberfläche der Einrichtungen vermindern, so z.B. die elektrostatische Ladung von Kunststoff verringern.

[0117] Idealerweise weisen Aerosole, die zur Therapie von Lungenkrankheiten eingesetzt werden, einen Durchmesser zwischen 0,1–10µm auf. Tröpfchen mit grösserem Durchmesser gelangen nicht in die unteren Luftwege, kleinere Partikel enthalten nur kleine Mengen eines Medikamentes und werden zudem größtenteils wieder ausgeatmet.

[0118] Die Wahl einer bestimmten Aerosolform hat individuell zu erfolgen. Sie hängt von verschiedenen Faktoren, nicht zuletzt von den Präferenzen des Patienten ab. Für Säuglinge und kleine Kinder, für Patienten, die mit der Betätigung eines Dosieraerosols Mühe haben, werden Arten der Erzeugung eines Aerosols eingesetzt, die von der Kooperation unabhängig sind.

[0119] Ausschlaggebend für die Compliance der Aerosoltherapie sind nicht nur technische Aspekte, sondern auch die Vorliebe des Patienten für ein bestimmtes Verneblersystem.

[0120] Unabhängig von der Wahl der Aerosolverabreichungsart steht fest, dass gewisse Substanzen nur durch bestimmte Vorrichtungen zur Aerosolherzeugung vernebelt werden können. Entsprechend dieser Voraussetzungen ist das entsprechende Modul auszuwählen.

[0121] Mit Zusatzmodulen für die Aufbewahrung von Zubehör werden Vorrichtungen bereitgestellt, die dem Patienten eine bedarfsgerechte, praktische und einfache Hilfe für die Erleichterung bei dem täglichen Umgang mit den erfindungsgemäßen Einrichtungen bereitstellen.

[0122] Insbesondere werden für die Therapie benötigte Elemente wie beispielsweise Schlauch, Maske, Medikamente aufbewahrt. Zudem werden entweder integriert oder adaptiert Uhr, Wecker und Unterhaltungselektronik bereitgestellt.

[0123] Ein weiteres Modul für den Wecker beinhaltet eine Weckfunktion, die die Schlafphasen des Patienten berücksichtigt. Durch eine Analyse der Schlafphasen werden zum Wecken bevorzugt solche Phasen identifiziert, zu denen der Patient nicht im Tiefschlaf ist.

[0124] Ein ergänzendes Modul für eine Zeitmessung ermöglicht die Berechnung der Nutzungsdauer und der Schlafdauer. Daraus lassen sich durch einen Abgleich mit weiteren Gerätedaten und Umweltdaten der typische Bedarf an Wasser und Energie bestimmen, was entsprechende Planungen und eine bedarfsgerechte Bevorratung ermöglicht.

[0125] Über eine Zeitschaltfunktion kann die Dauer der Beatmung, Befeuchtung und Verabreichung von Medikamenten eingestellt werden.

[0126] Die Aufbewahrung kann bevorzugt in oder auf einem Schubfach, einem Regal oder auf einem Ständer erfolgen.

[0127] Die Maske wird bevorzugt derart aufbewahrt, daß es für den Patienten möglich ist, die Maske einfach und schnell mit einer Hand zu greifen und anzulegen. Der Schlauch wird in geordneter Weise und platzsparend aufbewahrt, so daß er leicht zu greifen und abzurollen ist. Bevorzugt finden hierfür Steck-, Klemm- oder Rast-Vorrichtungen Verwendung. Die Befestigung erfolgt bevorzugt im Bereich des Gerätes oder am Bett oder an einem Nachttisch oder einem Regal.

[0128] Für den Schlauch und das Kabel der Stromversorgung wird auch ein Aufrollmechanismus bereitgestellt.

Ausführungsbeispiel

[0129] In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt. Es zeigen:

[0130] Fig. 1: Eine perspektivische Darstellung eines Atemluftbefeuchters, der mit einer Luftversorgung verbindbar ist,

- [0131] Fig. 2 eine perspektivische Darstellung einer Atemmaske mit Atemgasschlauch,
- [0132] Fig. 3 eine perspektivische Darstellung eines Atemluftbefeuchters mit Wassertank und Deckel sowie einem Versorgungsanschluß zur Verbindung mit einer Atemgasversorgung und einem Schlauchanschluß zur Verbindung mit einem Atemgasschlauch,
- [0133] Fig. 4 eine Draufsicht auf den Atemluftbefeuchter gemäß Fig. 3,
- [0134] Fig. 5 ein Längsschnitt gemäß Schnittlinie V-V in Fig. 4,
- [0135] Fig. 6 eine teilweise geschnittene Darstellung gemäß Schnittlinie VI-VI in Fig. 5,
- [0136] Fig. 7 eine Konstruktion eines Atemluftbefeuchters mit im wesentlichen ebener Deckelfläche,
- [0137] Fig. 8 eine Draufsicht auf den Atemluftbefeuchter gemäß Fig. 7,
- [0138] Fig. 9 einen Vertikalschnitt gemäß Schnittlinie IX-IX in Fig. 8,
- [0139] Fig. 10 ein Querschnitt gemäß Schnittlinie X-X in Fig. 9,
- [0140] Fig. 11 eine perspektivische Darstellung des Atemluftbefeuchters gemäß Fig. 3 in einem teilweise auseinandergenommenen Zustand,
- [0141] Fig. 12 eine perspektivische Darstellung des Atemluftbefeuchters gemäß Blickrichtung XII in Fig. 7,
- [0142] Fig. 13 eine gegenüber der Darstellung in Fig. 9 um 180° gedrehte und im Bereich der Verbindung des Schlauchanschlusses sowie des Versorgungsanschlusses modifizierte Darstellung,
- [0143] Fig. 14 eine vergrößerte Darstellung der Einzelheit XIV in Fig. 13,
- [0144] Fig. 15 eine schematische Darstellung der Module, aus denen ein bedarfsgerechter Befeuchter zusammengestellt werden kann,
- [0145] Fig. 16 eine schematische Darstellung der möglichen Steuer- und Regelvorgänge,
- [0146] Fig. 17 ein weiteres Ausführungsbeispiel für das Zusammenwirken von Beatmungsgerät und Befeuchter,
- [0147] Fig. 18 ein weiteres Modul des Befeuchters, das an ein Beatmungsgerät adaptiert,
- [0148] Fig. 19 eine Abwandlung zur Darstellung in Fig. 18,
- [0149] Fig. 20 eine weitere Abwandlung zur Darstellung in Fig. 18,
- [0150] Fig. 21 eine nochmals variierte Abwandlung zur Darstellung in Fig. 18,
- [0151] Fig. 22 ein Modul, das mit wasserdurchlässigen Membranen arbeitet, mit einem Wasservorrat in einem Tank,
- [0152] Fig. 23 eine Abwandlung zu Fig. 22, bei der sich der Wasservorrat im Beatmungsschlauch befindet, durch die Membran getrennt von Luftstrom,
- [0153] Fig. 24 ein Modul: Vorrichtung zur Befüllung des Wasservorrates im Beatmungsschlauch
- [0154] Fig. 25 ein Modul: "Tintenstrahldrucker" mit elastischer Düse, bei dem Wasser in den Luftweg gebracht/zerstäubt wird,
- [0155] Fig. 26 ein Modul: "Wasserzerstäubung" am Lüfterrad mit Heizgitter im Luftweg,
- [0156] Fig. 27 ein Modul: "Peltier-Element" zur Erwärmung des Wasservorrates und/oder Sammeln von kon-

densierendem Wasser,

[0157] Fig. 28 ein Modul: "Brennstoffzelle" zur Energieversorgung, Wassererzeugung und Erwärmung,

[0158] Fig. 29 ein Modul: "Induktiv Heizen", bei dem der Wasservorrat induktiv geheizt wird,

[0159] Fig. 30 ein Modul: "Schwimmende Heizplatte", bei dem nur die über der Heizplatte befindliche Wassermenge erhitzt wird. Zusätzlich signalisiert die absinkende Platte einen geringen Wasservorrat,

[0160] Fig. 31 ein Modul: "Nutzung der Geräteabwärme", bei dem der Wasservorrat über die Geräteabwärme aufgeheizt wird,

[0161] Fig. 32 ein Modul: "Umwälzung/Durchlauferhitzer", bei dem Wasser dem Vorrat entnommen, erhitzt und über eine große Oberfläche geleitet wird und

[0162] Fig. 33 ein Modul: "Verkippl-Sicherung".

[0163] An mehreren Ausführungsbeispielen sollen nun das Zusammenspiel der Module und die Vorteile des modularen Aufbaus geschildert werden. Ein Schlafapnoe-Patient erhält von seinem Arzt eine CPAP-Therapie verschrieben, um nächtliche Atemaussetzer zu verhindern. Nach Beginn der Therapie bemerkt der Patient eine Austrocknung der Atemwege, woraufhin sich Infektionen bilden. Der Arzt verschreibt ihm einen Atemgasbefeuchter. Der Patient wählt den erfindungsgemäßen nachrüstbaren, modularen Atemgasbefeuchter, da sein CPAP-Gerät über keinen Atemgasbefeuchter verfügt. Der Atemgasbefeuchter besteht aus den Grundmodulen, die für die effektive Befeuchtung von Atemgas beim Betrieb zusammen mit einem CPAP-Gerät benötigt werden: Wassertank, Deckel der den Wassertank verschließt, Einfüllstutzen für Wasser im Deckel, insbesondere mit Gummistopfen als Verschluss, Versorgungsanschluß und Atemschlauchanschluß.

[0164] Die perspektivische Darstellung in Fig. 1 zeigt eine Atemgasversorgung (1), die über ein Anschlußelement (2) mit einem Versorgungsanschluß (3) eines Atemgasbefeuchters (4) verbindbar ist. Das Anschlußelement (2) ist stützenartig ausgebildet und kann den ebenfalls bereichsweise stützenförmigen Versorgungsanschluß (3) aufnehmen oder bereichsweise von diesem umschlossen werden.

[0165] Die Atemgasversorgung (1) weist eine Anzeigevorrichtung (5) sowie Bedienelemente (6) auf. Die Atemgasversorgung (1) ist darüber hinaus mit einer Fördereinrichtung (7) für das Atemgas, einem elektrischen Antrieb (8) der Fördereinrichtung (7) sowie einer Steuerung (9) für den elektrischen Antrieb (8) ausgestattet.

[0166] Der Atemgasbefeuchter (4) ist mit einem Wassertank (10), einer von einem Verschlüsselement (11) abgedichteten Einfüllöffnung (12) sowie einem Schlauchanschluß (13) versehen. Der Schlauchanschluß (13) ist stützenförmig ausgebildet und dient zum Anschluß eines Beatmungsschlauches. Zur Fixierung des Atemgasbefeuchters (4) an der Atemgasversorgung (1) ist ein Arretierelement (14) vorgesehen, daß in Form eines Klick-Verschlusses ausgebildet sein kann. Ebenfalls kann über eine derartige Verbindung eine Kopplung des Beatmungsschlauches mit dem Atemgasbefeuchter (4) erfolgen. Oberhalb des Wassertanks (10) erstreckt sich ein Strömungsraum (15).

[0167] Aus der Darstellung in Fig. 1 ist erkennbar, daß eine seitliche Begrenzung (16) des Atemgasbefeuchters (4) als eine auswechselbare Verblendung ausgebildet ist und hier einen Konturverlauf aufweist, der an einen Konturverlauf der Atemgasversorgung (1) im Bereich einer Frontseite angepaßt ist. Hierdurch ist bei einem zusammenfügen des Atemgasbefeuchters (4) und der Atemgasversorgung (1) ein sehr kompakter Gesamtaufbau möglich. Darüber hinaus ist aus Fig. 1 erkennbar, daß der Atemgasbefeuchter (4) einen optionalen Elektroanschluß (17) aufweist, der mit einem Gegenanschluß (18) der Atemgasversorgung (1) zusammenkoppelbar ist. Dadurch werden beide Elemente einfach und sicher zusammengefügt.

[0168] Fig. 1 veranschaulicht ebenfalls, daß der Wassertank (10) von einem Deckel (19) mit dem Versorgungsanschluß (3) und dem Schlauchanschluß (13) verbunden ist. Die Einfüllöffnung (12) ist im Bereich des Deckels (19) angeordnet.

[0169] Fig. 2 zeigt den Atemgasschlauch (20) zur Verbindung mit dem Schlauchanschluß (13). Beim dargestellten Ausführungsbeispiel verläuft eine optionale Druckmeßleitung (21) neben dem Atemgasschlauch (20), insbesondere ist aber auch daran gedacht, die optionale Druckmeßleitung (21) innerhalb des Atemgasschlauches (20) anzuordnen. Der Atemgasschlauch (20) ist über ein Ausatmungselement (22) mit einer Schlauch-

kupplung (23) einer Atemmaske (24) verbunden. Die Atemmaske (24) besteht im wesentlichen aus einem Maskengrundkörper (25) und einer Kopfhaube (26).

[0170] Fig. 3 zeigt einen gegenüber der Ausführungsform in Fig. 1 abgewandelten Atemgasbefeuchter (4) in einer weiteren perspektivischen Darstellung. Es ist zu erkennen, daß sich der Versorgungsanschluß (3) und der Schlauchanschluß (13) zumindest bereichsweise tubusförmig entlang einer Strömungshauptachse (27) erstrecken. Der Versorgungsanschluß (3) und der Schlauchanschluß (13) sind bezüglich einer Grundebene (28) des Deckels (19) auf einem erhöhten Sockel (29) angeordnet, der dem Strömungsraum (15) bereichsweise begrenzt. Hierdurch wird eine erhöhte Auslaufsicherung erreicht und ein Überfüllen des Wassertanks (10) vermieden.

[0171] Aus Fig. 3 ist ebenfalls erkennbar, daß im Bereich des Schlauchanschlusses (13) eine zur zylindrischen Außenwandung des Schlauchanschlusses (13) im wesentlichen koaxial angeordnete optionale Druckverbindung (30) verläuft, die zum Anschluß an die optionale Druckmeßleitung (21) vorgesehen ist, die bei dieser Ausführungsform innerhalb des Atemgasschlauches (20) verläuft.

[0172] Der erfindungsgemäße Befeuchter in diesem Ausführungsbeispiel ist in der Grundmodulvariante CPAP für Beatmungsdrücke bis 18 mbar geeignet. Es handelt sich um einen Kaltluftbefeuchter, ohne Beheizung des Wassers. Der Fachhändler wird der erfindungsgemäße Atemgasbefeuchter mit demjenigen Versorgungsanschluß-Modul ausgestattet, dass die Konnektierung an das CPAP-Gerät des Patienten erlaubt.

[0173] Aus der Darstellung in Fig. 4 ist erkennbar, daß die Strömungshauptachse (27) relativ zu einer Gerätemittellinie (31) des Atemgasbefeuchters (4) einen Seitenversatz aufweist. Ebenfalls ist zu erkennen, daß der optionale Elektroanschluß (17) beim dargestellten Ausführungsbeispiel als koaxiale Leitungsanordnung realisiert ist. Grundsätzlich ist es aber ebenfalls denkbar, beispielsweise zwei nebeneinander angeordnete Kontaktstifte zu verwenden.

[0174] Bei der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform ist der Versorgungsanschluß (3) mit einem Anschlußadapter (32) versehen, der zur Verbindung mit der Atemgasversorgung (1) dient. Der Anschlußadapter (32) ist mit einer Arretierung (33) versehen, die bei einem Zusammenschieben des Atemgasbefeuchters (4) und der Atemgasversorgung (1) in ein entsprechendes Gegenelement der Atemgasversorgung (1) einrastet. Die Arretierung (33) weist ein Betätigungselement (34) auf, das bei einem manuellen Drücken den Arretierungszustand aufhebt, so daß der Atemgasbefeuchter (4) in einfacher Weise wieder von der Atemgasversorgung (1) getrennt werden kann.

[0175] Nach einiger Zeit bemerkt der Patient, dass der Grad der Anfeuchtung nicht ausreichend ist, außerdem empfindet er die kalte feuchte Luft als unangenehm und er führt seine häufigen Erkältungen darauf zurück. Der Arzt verschreibt ihm einen Anfeuchter mit Heizung. Nach dem Stand der Technik müsste der Patient jetzt ein neues Gerät kaufen. Der erfindungsgemäße Atemgasbefeuchter wird jedoch einfach durch Hinzunahme von Modulen bedarfsgerecht aufgerüstet.

[0176] Fig. 6 veranschaulicht in einem Vertikalschnitt den Aufbau des Atemgasbefeuchters. Hieraus ist zu erkennen, daß innerhalb des Wassertanks (10) ein mit dem Elektroanschluß (17) verbundenes Heizelement (52) angeordnet ist, das beispielsweise als Heizstab realisiert werden kann, der direkt von der im Wassertank (10) bevorrateten Flüssigkeit umschlossen ist. Innerhalb des Versorgungsanschlusses (3) sind Strömungsleitelemente (53) angeordnet, die zu einer gleichmäßigen Strömung beitragen und Verwirbelungen des strömenden Atemgases vermeiden.

[0177] Nach geraumer Zeit verschlechtert sich der Gesundheitszustand des Patienten. Das normale CPAP-Gerät reicht nicht mehr aus, um den Patienten bedarfsgerecht zu beatmen, da eine Chronisch obstruktive Erkrankung der Lunge festgestellt wurde. Der Arzt verschreibt ein Bilevel Beatmungsgerät, das in der Lage ist, durch zwei unterschiedliche Druckniveaus zwischen In- und Expiration, die Lunge des Patienten zu ventilieren. Der untere Druckwert liegt bei 6 mbar und der obere Druckwert liegt bei 30 mbar. Da dieses Bilevel-Gerät von einem anderen Hersteller als das CPAP-Gerät ist und zudem der Beatmungsdruck deutlich erhöht wurde, ist der Atemgasbefeuchter nicht mehr geeignet. Nach dem Stand der Technik müsste ein komplett neuer Atemgasbefeuchter gekauft werden. Der erfindungsgemäße Befeuchter wird jedoch durch drei Ergänzungsmodule an das neue bilevel-Gerät angepasst. Durch den höheren Druck ist ein anderer Deckel mit anderem Verschluss der Einfüllöffnung notwendig, da diese Module der CPAP-Variante nur für Drücke bis 18 mbar ausgelegt waren. Ein neues Versorgungsanschluß-Modul ist notwendig, um den Befeuchter an das Bilevel-Gerät anschließen zu können, da dieses einen anderen Luftausgangsstutzen als das CPAP-Gerät hatte. Außerdem

regelt das neue Gerät aufgrund gemessener Druck- und/oder Flusswerte des Atemgases, weshalb eine Messleitung auch durch den Befeuchter hindurch reichen muss. Zudem wird ein größerer Wassertank verwendet, da durch den höheren Druck und durch eine längere Beatmung ein größerer Wasservorrat notwendig wurde.

[0178] Fig. 5 zeigt den Aufbau des Atemgasbefeuchters (4) gemäß Fig. 4 in einem Vertikalschnitt. Es ist zu erkennen, daß der Schlauchanschluß (13) die Druckverbindung (30) bereichsweise coaxial umgibt. Die Druckverbindung (30) weist einen Einführkonus (35) auf, der zur abgedichteten Verbindung mit der Druckmeßleitung (21) vorgesehen ist. Ausgehend vom Einführkonus (35) erstreckt sich die Druckverbindung (30) im wesentlichen entlang der Strömungshauptachse (27) und knickt dann in Richtung auf den Wassertank (10) ab. Im Bereich seiner dem Deckel (19) zugewandten Ausdehnung weist der Schlauchanschluß (13) einen Halterungsstutzen (36) auf, der in einer Ausnehmung (37) des Deckels (19) eingreift. Der Halterungsstutzen (36) weist einen Dichtring (38) auf, der für eine Abdichtung relativ zur Ausnehmung (37) vorgesehen ist.

[0179] Innerhalb des Deckels (19) und unterhalb der Ausnehmung (37) ist ein Verbindungselement (39) angeordnet, das beim dargestellten Ausführungsbeispiel plattenartig gestaltet und zur Weiterleitung des Druckes von der Druckverbindung (30) zum Versorgungsanschluß (3) vorgesehen ist.

[0180] Zur Bereitstellung einer abgedichteten Kopplung des Verbindungselementes (39) mit dem Schlauchanschluß (13) erstreckt sich in Richtung auf das Verbindungselement (39) als Verlängerung der Druckverbindung (30) ein hohler Verbindungszapfen (40), der einen Einführkonus (41) aufweist, der an einen hohlen Anschlußkegel (42) des Verbindungselementes (39) angepaßt ausgebildet ist. Bei einem Einführen des Schlauchanschlusses (13) in die Ausnehmung (37) des Deckels (19) wird in einem Arbeitsgang sowohl der Atemgasschlauch (20) an den Atemgasbefeuchter (4) angeschlossen als auch die Druckverbindung für die Druckmeßleitung (21) bereitgestellt.

[0181] Der Versorgungsanschluß (3) besitzt eine zum Schlauchanschluß (13) ähnliche Ausbildung. Innerhalb des Versorgungsanschlusses (3) verläuft zunächst im wesentlichen entlang der Strömungshauptachse (27) eine Druckverbindung (43), die im Bereich ihrer dem Schlauchanschluß (31) zugewandten Ausdehnung in Richtung auf einen hohlen Verbindungszapfen (44) abknickt. Der Verbindungszapfen (44) weist einen Einführkonus (45) auf, der an einen Anschlußkegel (46) des Verbindungselementes (39) angepaßt ausgebildet ist. Der Verbindungszapfen (44) ist bereichsweise von einem Halterungsstutzen (47) des Versorgungsanschlusses (2) umgeben, der in eine Ausnehmung (48) des Deckels (19) einführbar und von einem Dichtring gegenüber dem Deckel (19) abgedichtet ist. Auch hinsichtlich des Versorgungsanschlusses (3) kann somit in einem Arbeitsgang sowohl ein Anschluß an den Atemgasbefeuchter (4) als auch eine Bereitstellung der Druckverbindung erfolgen.

[0182] Alternativ zu einer plattenförmigen Konstruktion des Verbindungselementes (39) ist es beispielsweise auch möglich, die Anschlußkegel (42, 46) als Endstücke von Rohrsegmenten auszubilden und die Rohrsegmente durch einen separat aufgesteckten Schlauch miteinander zu verbinden. Hierdurch ist zwar bei einer Montage ein zusätzlicher Arbeitsschritt erforderlich, bei einer spritzgußtechnischen Herstellung können aber erheblich vereinfachte Formen verwendet werden.

[0183] Der Wassertank (10) ist mit dem Deckel (19) über eine Verbindung (50) gekoppelt, die beispielsweise als Gewinde oder Bajonettverschluß realisiert sein kann. Über eine Dichtung (51) erfolgt eine Abdichtung des Wassertanks (10) relativ zum Deckel (19).

[0184] Fig. 7 zeigt die perspektivische Darstellung eines gegenüber der Ausführungsform in Fig. 6 abgewandelten Atemgasbefeuchters (4). Der Versorgungsanschluß (3) und der Schlauchanschluß (13) sind hier nicht auf einem Sockel (29), sondern gemeinsam mit dem Verschlußelement (11) in der Grundebene (28) angeordnet. Ansonsten entspricht der konstruktive Aufbau im wesentlichen den bereits erläuterten Ausführungsformen.

[0185] Fig. 8 veranschaulicht eine Draufsicht auf den Atemgasbefeuchter (4) gemäß Fig. 7 und Fig. 9 zeigt einen Vertikalschnitt. Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 9 besitzen der Versorgungsanschluß (3) und der Schlauchanschluß (13) eine gegenüber den bislang beschriebenen Ausführungsformen abgewandelte konstruktive Realisierung. Diese konstruktive Realisierung läßt sich auch bei einem Atemgasbefeuchter (4) einsetzen, der im Bereich des Deckels (19) mit einem Sockel (29) zur erhöhten Positionierung des Versorgungsanschlusses (3) sowie des Schlauchanschlusses (13) versehen ist.

[0186] Die Druckverbindung (30) des Schlauchanschlusses (13) erstreckt sich im wesentlichen vollständig

entlang der Strömungshauptachse (27) und tritt im Bereich einer dem Versorgungsanschluß (3) zugewandten Begrenzung wieder aus dem Schlauchanschluß (13) aus. Im Bereich dieser Begrenzung ist eine Vertiefung (54) angeordnet, in die ein Zapfen (55) des Versorgungsanschlusses (3) eingreift, in dessen Bereich die Druckverbindung (43) des Versorgungsanschlusses (3) endet. Gemäß einer alternativen Ausführungsform ist es auch möglich, die Vertiefung im Bereich des Versorgungsanschlusses (3) und einen zapfenartigen Vorsprung im Bereich des Schlauchanschlusses (13) anzuordnen. Der bereitgestellte Formschluß verhindert ein Verdrehen des Versorgungsanschlusses (3) und des Schlauchanschlusses (13) relativ zueinander.

[0187] Im Bereich des Anschlußadapters (32) ist ein Fortsetzungselement (56) für die Druckverbindung (43) angeordnet, um eine durchgehende Druckverbindung zur Atemgasversorgung (1) bereitzustellen.

[0188] Fig. 10 zeigt einen Querschnitt für die Ausführungsform gemäß Fig. 9. Zu erkennen ist insbesondere wieder die Führung des Halterungsstutzens (47) in der Ausnehmung (48) des Deckels (19) sowie die Abdichtung unter Verwendung des Dichtringes (49).

[0189] Fig. 11 zeigt noch einmal die Ausführungsform gemäß Fig. 3 nach einem Abnehmen des Versorgungsanschlusses (3) sowie des Schlauchanschlusses (13) vom Deckel (19). Durch die Ausnehmungen (37, 48) hindurch ist ein Blick in den Innenraum des Atemgasbefeuchters (4) möglich und das Verbindungselement (39) ist zu erkennen.

[0190] Fig. 12 zeigt eine weitere perspektivische Darstellung der Ausführungsform des Atemgasbefeuchters (4) entsprechend Fig. 7. Bezüglich Fig. 7 liegt in Fig. 12 eine Blickrichtung schräg von hinten vor. Im Bereich des Anschlußadapters (32) ist durch die gewählte Blickrichtung das Fortsetzungselement (57) für die Druckleitung zu erkennen.

[0191] Zur Vermeidung einer Spritzwasserbildung im Bereich des Wassertanks (10) ist es vorteilhaft, das Atemgas nicht direkt auf die im Wassertank (10) enthaltene Flüssigkeitsmenge strömen zu lassen, sondern im Bereich einer Einmündung des Versorgungsanschlusses (3) in den Deckel (19) eine Prallplatte anzuordnen, die sich im wesentlichen quer zur Strömungsrichtung erstreckt. Die Prallplatte kann über Distanzelemente am Versorgungsanschluß (3) befestigt sein, es ist aber auch möglich, die Prallplatte als Teil des Deckels (19) auszubilden. Insbesondere ist daran gedacht, die Prallplatte und den Deckel (19) spritzgußtechnisch als einheitliches Bauteil zu realisieren.

[0192] Fig. 13 zeigt eine im Bereich der Verbindung des Zapfens (55) mit der Vertiefung (54) modifizierte konstruktive Realisierung. Im Vergleich zur Darstellung in Fig. 9 ist zu erkennen, daß die Dichtung (56) entlang des Zapfens (55) etwas weiter in Richtung auf den Schlauchanschluß (13) positioniert und somit in Richtung der Strömungshauptachse (27) in einem mittleren Bereich des Zapfens (55) angeordnet ist. Darüber hinaus ist der Schlauchanschluß (13) mit einem den Zapfen (55) kreisförmig umgebenden Vorsprung (58) versehen, der zu einem verbesserten Formschluß zwischen dem Versorgungsanschluß (3) und dem Schlauchanschluß (13) in einem zusammengebauten Zustand führt.

[0193] Ein zusätzlicher Formschluß zwischen dem Versorgungsanschluß (3) und dem Schlauchanschluß (13) wird durch einen oder mehrere Positionierstifte (59) erreicht. Der Positionierstift (59) ist im Bereich der einander zugewandten Begrenzungsflächen des Versorgungsanschlusses (3) und des Schlauchanschlusses (13) angeordnet. Eine einfache Fertigung wird dadurch unterstützt, daß der Positionierstift (59) als ein separates Bauteil ausgebildet und in Ausnehmungen (60, 61) des Versorgungsanschlusses (3) und des Schlauchanschlusses (13) eingesetzt ist.

[0194] Aus der vergrößerten Darstellung in Fig. 14 ist erkennbar, daß der Positionierstift (59) in die Ausnehmung (60) fest eingesetzt ist und in die Ausnehmung (61) mit einem Spiel eingreift. Hierdurch wird ein Zusammenbauen und voneinander Trennen der Anschlüsse (3, 13) unterstützt. Typischerweise wird der Positionierstift (59) mit demjenigen der Anschlüsse (3, 13) fest verbunden, der auch den Zapfen (55) trägt. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel ist dies der Versorgungsanschluß (3).

[0195] Fig. 15 zeigt schematisch Beispiele für die Auswahl innerhalb der Module und für die Kombinationsvielfalt. Die tatsächliche Anzahl der verschiedenen Module ist praktisch unbegrenzt erweiterbar. Es ergeben sich vielfältige Kombinationsmöglichkeiten. Insbesondere haben die Abkürzungen in Fig. 15 die folgenden Bedeutungen.

E. Versorgungsanschluß
gebogener Konnektor mit Messkanal
gebogener Konnektor ohne Meßkanal
gebogener Konnektor ohne Meßkanal
gerader Konnektor mit Anschluß
gebogener Konnektor ohne Meßkanal mit Verschlusskappe
gebogener Konnektor mit Meßkanal
gebogener Konnektor ohne Meßkanal
gebogener Konnektor ohne Meßkanal
gerader Konnektor mit Anschluß
gerader Konnektor mit Messkanal
...
D. Wasservorrat
0,5 Liter
0,7 Liter
0,9 Liter
2 Liter
...
C. Heizung
Heizstab
Heizplatte

Strahlung
Geräteabwärme
...
B. Energie
Akku
Netzstrom
Brennstoffzelle
...
K. Schläuche
25 cm Schlauch, männlich / weiblich
25 cm Schlauch, männlich/ weiblich, mit 0.8 Mikron-Membran
25 cm Schlauch, männlich/ männlich
25 cm Schlauch, männlich/ männlich mit 0.8 Mikron-Membran
25 cm doppelextrudierter,koaxial montierter Schlauch, männlich/ weiblich
25 cm doppelextrudierter,koaxial montierter Schlauch , männlich/ weiblich mit 0.8 Mikron Membran
25 cm doppelextrudierter,koaxial montierter Schlauch, männlich/ männlich
25 cm doppelextrudierter,koaxial montierter Schlauch, männlich/ männlich
Interner Schlauch, männlich
Interner Schlauch, männlich, mit 0.8 Mikron-Membran
Interner Schlauch, weiblich
Interner Schlauch, weiblich, mit 0.8 Mikron-Membran
Interner 25 cm doppelextrudierter,koaxial montierter Schlauch, männlich
interner 25 cm doppelextrudierter,koaxial montierter Schlauch, männlich, mit 0.8 Mikron-Membran
25 cm Schlauch, männlich/ männlich
...

I. Anschluß an Atemmaske
Herkömmliche Atemmaske für Erwachsene
Flexibles Gelenk Atemmaske für Erwachsene
Kugelgelenk Atemmaske für Erwachsene
...
II. Hygroskopische Wärme- und Feuchtigkeitsaustauscher (HME)
HME-Filter zwischen Winkelstück und patientenseitigem Konnektor
HME/ HEPA-Filter zwischen Winkelstück und patientenseitigem Konnektor
HME-Filter im Schlauch
HME-Filter in Maske
...
X. Oberschalen
Seitenabdeckung CPAP-Basic blau
Seitenabdeckung CPAP-Basic schwarz
...

[0196] Die vorstehende Tabelle zeigt Beispiele für die Auswahl innerhalb der Module und für die Kombinationsvielfalt

[0197] Der Kunde kann aus einem Katalog, ähnlich wie vorstehend dargestellt, die gewünschten Module auswählen.

[0198] Fig. 15 veranschaulicht zusätzlich zu den diversen dargestellten Modulen auch die Wechselwirkung mit einem Patienten (62) sowie die Wechselwirkung mit einer Umwelt (63).

[0199] Fig. 16 veranschaulicht die bereits erläuterte Wechselwirkung zwischen dem Atemluftbefeuchter (4), der Atemgasversorgung (1), der Umwelt (63) sowie dem Patienten (62). Eingezeichnet sind ein Komparator (64) zur Datenauswertung und ein Regler (65) zur Steuerung des Atemgasbefeuchters (4).

[0200] Bei dem in Fig. 17 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Atemgasversorgung (1) und der Atemgasbefeuchter (4) modular zusammengefügt. Die Atemgasversorgung (1) ist mit einem Filter (66) sowie einem Gebläse (67) versehen. Im Bereich des Atemgasbefeuchters (4) ist ein Flüssigkeitsvorrat (68) angeordnet, für den ein minimaler sowie ein maximaler Füllstand vorgesehen ist. Eintauchend in den Flüssigkeitsvorrat (68) ist ein Verdunstungselement (69) angeordnet, das beispielsweise aus einem porösen oder kapillaren Material realisiert sein kann. Ebenfalls ist es möglich, im Bereich des Verdunstungselementes (69) eine Vielzahl von Austrittsöffnungen (70) anzuordnen.

[0201] Fig. 18 zeigt eine Ausführungsform, bei der der Atemgasbefeuchter (4) oberhalb der Atemgasversorgung (1) angeordnet ist und bei der eine seitliche Begrenzung des Atemgasbefeuchters einen Konturverlauf aufweist, der in einen Konturverlauf der Atemgasversorgung (1) angepaßt ist. Der Atemgasbefeuchter (4) ist hier mit eigenen Bedienelementen (71) sowie einer eigenen Anzeige (72) versehen.

[0202] Gemäß der Ausführungsform in Fig. 19 ist der Atemgasbefeuchter (4) bereichsweise unterhalb und bereichsweise neben der Atemgasversorgung (1) positioniert.

[0203] Gemäß der Ausführungsform in Fig. 20 ist der Atemgasbefeuchter (4) in einen Einschub der Atemgasversorgung (1) einsetzbar.

[0204] Fig. 21 zeigt eine Ausführungsform, bei der der Atemgasbefeuchter (4) bereichsweise neben und bereichsweise oberhalb der Atemgasversorgung (1) positioniert ist.

[0205] Fig. 22 zeigt eine Ausführungsform, bei der der Atemgasbefeuchter (4) mit einer wasserdichten, aber dampfdurchlässigen Membran (73) ausgestattet ist. Die Membran (73) begrenzt einen Übergang vom Wassertank (10) zu einer Luftströmung (74). Es wird hierdurch die bereits erläuterte große Kontaktfläche im Übergangsbereich von Wasser zu Luft realisiert.

[0206] Gemäß der Ausführungsform in Fig. 23 wird ebenfalls eine Membran (73) verwendet, die auch als Teil des Atemgasschlauches ausgebildet ist. Der Atemgasschlauch (20) ist hierbei vorzugsweise mit einer dehnbaren flexiblen Außenhülle (75) versehen. Das Heizelement (52) ist vorzugsweise zwischen der Außenhülle (75) und der Membran (73) angeordnet. von der Membran (73) und der Außenhülle (75) wird ein Vorratsraum (76) begrenzt, der einen Wasservorrat aufnimmt. Der Vorratsraum (76) kann von Trennwänden (77) in einer Längsrichtung des Atemgasschlauches (20) unterteilt sein. Ein Adapter (78) schließt den Atemgasschlauch (20) an patientennahe Bauelemente an.

[0207] Fig. 24 zeigt eine Befüllleinrichtung (79) zum Befüllen des Vorratsraumes (76), der im Bereich des Atemgasschlauches (20) angeordnet ist. Die Befüllleinrichtung (79) weist einen Trichter (80) auf, der ein Zentrierelement (81) umgibt und gemeinsam mit dem Zentrierelement (51) einen im wesentlichen ringförmigen Befüllspalt begrenzt. Durch den Befüllspalt gelangt das Wasser in den Bereich des Vorratsraumes (76).

[0208] Fig. 24 veranschaulicht auch noch einmal in einer perspektivischen Darstellung, daß die Membran (73) und der Vorratsraum (76) im wesentlichen konzentrisch einen Strömungsweg (82) umgeben.

[0209] Fig. 25 zeigt eine Ausführungsform, bei der als Abwandlung zur Ausführungsform in Fig. 22 die Feuchtigkeit über eine elastische Düse (83) in den Bereich der Luftströmung (74) geleitet wird. Die Düse (83) ragt hierbei in einen Luftkanal (84) hinein. Die Düse (83) ist über einen Tropfengenerator (85) mit dem Wassertank (10) verbunden. Der Tropfengenerator (85) ist über Erregeranschlüsse (86) steuerbar.

[0210] Gemäß der Ausführungsform in Fig. 26 mündet in den Luftkanal (84) eine Düse (87) ein, die über den Tropfengenerator (85) mit dem Wassertank (10) verbunden ist. Der Tropfengenerator (85) weist hier eine Tropfsteuerung (88) auf. Im Bereich des Luftkanals (84) ist ein von einem Lüftermotor (89) angetriebenes Lüfterrad (90) angeordnet. Gemäß einer Ausführungsform gelangen die aus der Düse (87) heraustretenden Tropfen unmittelbar in den Bereich des Lüfterrades (90) und werden von diesem verteilt. Alternativ ist es auch möglich, im Bereich dieses Lüfterrades (90) ein vorgeschaltetes Zerstäuberrad (91) anzuordnen, um ein Eindringen von Feuchtigkeit in den Bereich des Lüftermotors (89) zu vermeiden. Zur Temperierung der Luftströmung innerhalb des Luftkanals (84) kann ein elektrisch ansteuerbares Heizgitter (92) verwendet werden.

[0211] Gemäß der Ausführungsform in Fig. 27 kommt ein Peltierelement (93) zum Einsatz, das mit einer Spannungsversorgung (94) verbunden ist. Das Peltierelement (93) weist eine Kaltseite (95) mit Kondensation aus der Luft sowie eine Warmseite (96) mit Wärmeabgabe an die Luft auf. Sowohl die Kaltseite (95) als auch die Warmseite (96) werden mit einer Luftströmung (97) beaufschlagt. In lotrechter Richtung unterhalb des Peltierelementes (93) ist eine Auffangwanne (98) für sich bildendes Kondensat angeordnet.

[0212] Gemäß der Ausführungsform in Fig. 28 ist eine Brennstoffzelle (99) verwendet, die mit einem Sauerstofftank (100) und einem Wasserstofftank (101) verbunden ist. Die Brennstoffzelle (3) weist einen elektrischen Anschluß (102) zur Energieversorgung auf. Im Bereich einer Auffangeinrichtung (103) wird von der Brennstoffzelle (99) gebildetes Wasser gesammelt. Der elektrische Anschluß (102) dient zur Energieversorgung mindestens eines angeschlossenen elektrischen Verbrauchers, beispielsweise des Atemgasbefeuchters (4) und/oder der Atemgasversorgung (1).

[0213] Fig. 29 veranschaulicht ein als Heizelement (52) ausgebildetes Modul, das unterhalb des Wassertanks (10) angeordnet ist. Der Wassertank (10) weist bei dieser Ausführungsform einen elektrisch leitenden Boden (104) auf. Das Heizelement (52) besteht aus einem Elektromagneten (105), dessen Spule (106) an eine Wechselspannung (107) angeschlossen ist. Der Elektromagnet (105) ist durch eine Gehäusewand (108) vom Wassertank (10) getrennt.

[0214] Fig. 30 veranschaulicht eine Ausführungsform mit einer schwimmenden Heizplatte (109) als Heizeinrichtung (52). Die Heizplatte (109) schwimmt hierbei auf einem Wasservorrat (110) innerhalb des Wassertanks (10). Die Heizplatte (109) wird von einem elektrischen Anschluß (111) mit Energie versorgt. Über eine Oberfläche des Wasservorrates (110) streicht die Luftströmung (97). Die Heizplatte (109) ist derart konstruiert, daß sie unter Berücksichtigung ihres spezifischen Gewichtes leicht in den Wasservorrat (110) eintaucht, so daß sich auf einer dem Wasservorrat (110) abgewandten Oberfläche der Heizplatte (109) ein dünner Wasserfilm bildet, der zur Verdunstung vorgesehen ist.

[0215] Fig. 31 veranschaulicht die Nutzung von Abwärme eines Netztesiles oder Trafos (112). Auf einem Kühlkörper (113) des Netztesiles (112) ist hierbei der Wassertank (10) angeordnet. Vorzugsweise ist das Netzteil (112) vom Kühlkörper (113) und dem Wassertank (110) durch die Gehäusewand (108) getrennt.

[0216] Gemäß der Ausführungsform in Fig. 32 sind innerhalb eines Innenraumes (114) des Wassertanks (10), der oberhalb des Wasservorrates (110) angeordnet ist, eine Mehrzahl von Trennwänden (115) angeordnet, die vorzugsweise zur Horizontalen geneigt angeordnet sind. Aus dem Wasservorrat (110) wird unter Verwendung einer Pumpe (116) Wasser entnommen und über das Heizelement (52) erwärmt. Das erwärmte Wasser wird dem Innenraum (114) in lotrechter Richtung von oben zugeführt und läuft stufenweise entlang der übereinander angeordneten Trennwände (115) in Richtung auf den Wasservorrat (110). Die Trennwände (115) stellen hierdurch großdimensionierte Verdunstungsflächen bereit. Der Innenraum (114) ist mit einem Lufteingang (117) und einem Luftausgang (118) versehen.

[0217] Fig. 33 zeigt eine gegenüber Fig. 32 abgewandelte Ausführungsform. Der Lufteingang (6) ist hierbei tiefer und der Luftausgang (7) höher angeordnet. Hierdurch wird relativ zu dem in lotrechter Richtung von oben nach unten fließenden Wasser eine Luftströmung im Gegenstromprinzip erreicht, die die Feuchtigkeitsaufnahme der Luft nochmals vergrößert.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorrichtung wenigstens ein modular gegen ein Alternativteil auswechselbares Bauteil enthält.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das modular auswechselbare (oder ein modular auswechselbares) Bauteil eine Einrichtung zur Gewinnung und/oder Bevorratung von Wasser ist oder diese enthält, insbesondere ein Wasserbehälter ist oder diesen enthält.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das modular auswechselbare (oder ein modular auswechselbares) Bauteil eine Einrichtung zum Verschuß eines Wasserbehälters ist oder diese enthält, insbesondere ein Deckel oder ein Befüllöffnungsverschluß ist oder solche Teile enthält.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das modular auswechselbare (oder ein modular auswechselbares) Bauteil eine Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf in Atemgas ist oder diese enthält, insbesondere eine Luftführung oder ein Luftkanal an einer oder über eine Wasserfläche, eine Wasserdüse, ein wasservernebler, eine (insbesondere nur einseitig wasserdurchlässige) Membran, ein Kondenswasser erzeugendes Peltierelement oder eine Brennstoffzelle.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das modular auswechselbare (oder ein modular auswechselbares) Bauteil eine Vorrichtung zum Anschließen eines Atemgasschlauches ist oder das Bauteil eine Vorrichtung zum Anschließen eines Atemgasschlauches enthält.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das modular auswechselbare (oder ein modular auswechselbares) Bauteil eine Vorrichtung zum Anschließen einer Atemgasversorgung ist oder das Bauteil eine Vorrichtung zum Anschließen einer Atemgasversorgung enthält.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das modular auswechselbare (oder ein modular auswechselbares) Bauteil eine Vorrichtung zum Erwärmen des Wassers oder des bereits befeuchteten oder noch zu befeuchtenden Atemgases ist oder eine Vorrichtung zum Erwärmen des Wassers oder des bereits befeuchteten oder noch zu befeuchtenden Atemgases enthält.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–7, bei welchen Gruppen von modular auswechselbaren, sich substituierenden oder ergänzenden Bauteile durch ein einheitliches Verschlußsystem miteinander verbunden

werden können, wie durch eine Rastung, durch Zapfen, durch Nut und Feder, durch Magnetverschluß oder durch Drehverschluß

9. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß der für sich funktionstüchtigen Grundeinheit ein oder mehrere separate Bauteile mit Zusatzfunktionen angefügt werden können.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei das separate Bauteil eine Meß- und oder Steuereinrichtung ist, mit der ein oder mehrere gemessene physiologische oder medizinische Meßwerte der zu beatmenden Person (auch Daten der ein- und ausgeatmeten Luft) oder die zeitliche Veränderung eines oder mehrerer dieser Werte aufgenommen und/oder verarbeitet und/oder gespeichert werden, und diese Daten angezeigt und/oder zur manuellen oder automatischen Steuerung des Befeuchtungsvorgangs oder seiner Parameter (z.B. Druck, Fluß, Temperatur, Feuchtigkeit oder deren zeitliche Änderung) genutzt werden.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei das separate Bauteil eine Meß- und/oder Steuereinrichtung ist, mit der ein oder mehrere gemessene Umgebungsmeßwerte der zu beatmenden Person, insbesondere Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Luftzusammensetzung, Höhe, Magnetfeldstärke, elektrische Feldstärke, Helligkeit oder die zeitliche Änderung eines oder mehrerer dieser Werte aufgenommen und/oder verarbeitet und/oder gespeichert werden, und diese Daten angezeigt und/oder zur manuellen oder automatischen Steuerung des Befeuchtungsvorgangs oder seiner Parameter (z.B. Druck, Fluß, Temperatur, Feuchtigkeit oder deren zeitliche Änderung) genutzt werden.

12. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei das separate Bauteil eine Steuereinrichtung ist, mit der einzugebende, eingespeicherte oder übertragene physiologische oder medizinische Meßwerte oder Daten der zu beatmenden Person (auch Daten der ein- oder ausgeatmeten Luft) oder die zeitliche Veränderung eines oder mehrerer dieser Werte aufgenommen und/oder verarbeitet und/oder gespeichert werden, und diese Daten angezeigt und/oder zur manuellen oder automatischen Steuerung des Befeuchtungsvorgangs oder seiner Parameter (z.B. Druck, Fluß, Temperatur, Feuchtigkeit oder deren zeitliche Änderung) genutzt werden.

13. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei das separate Bauteil eine Steuereinrichtung ist, mit der einzugebende, eingespeicherte oder übertragene Umgebungsmeßwerte oder Umgebungsdaten der zu beatmenden Person, insbesondere Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Luftzusammensetzung, Höhe, Magnetfeldstärke, elektrische Feldstärke, Helligkeit oder die zeitliche Änderung eines oder mehrerer dieser Werte aufgenommen und/oder verarbeitet und/oder gespeichert werden, und diese Daten angezeigt und/oder zur manuellen oder automatischen Steuerung des Befeuchtungsvorgangs oder seiner Parameter (z.B. Druck, Fluß, Temperatur, Feuchtigkeit oder deren zeitliche Änderung) genutzt werden.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei die Steuerung des Befeuchtungsvorgangs einen Regelkreislauf bildet.

15. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei das separate Bauteil ein Peltierelement ist, welches zur Beheizung des Luftstromes und/oder zur Erzeugung von Kondenswasser aus der Umgebungsluft verwendet wird.

16. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei das separate Bauteil eine Meß- und/oder Steuerungseinrichtung ist, mit der Daten des Befeuchters wie Wasserstand, Raumlage des Gerätes bzw. des Wasservorrates, Temperatur, Energieverbrauch oder -reserve, Verkalkungsgrad, Verschmutzungsgrad mechanisch, chemisch, elektrisch, elektronisch, optisch, magnetisch oder auf anderem Wege erkennbar gemacht werden, ablesbar sind, oder angezeigt werden, oder die zur automatischen Steuerung oder Generierung von Anzeigen oder Nachrichten oder Warnsignalen verwendet werden.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, die in ein weiteres separates Bauteil, wie einen Gehäusedeckel, eine Bodenplatte, einen Anschluß, eine Gasführung, integriert ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei das separate Bauteil, insbesondere eine Luftführung, ein Anschluß oder ein Deckel, Vorrichtungen oder Einrichtungen zur Geräuschdämpfung enthält.

19. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei das separate Bauteil, insbesondere eine Luftführung, ein Anschluß, ein Deckel, ein Element mit Bindemittel oder ein Einsatz in den Vorratsbehälter, zum Beispiel schwammartig oder labyrinthartig ausgestaltet, Vorrichtungen oder Einrichtungen zur Verkippsicherheit des im Vorrats-

behälter befindlichen Wassers enthält.

20. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei das separate Bauteil als Werkzeug oder Hilfe zur Handhabung der Grundeinheit darstellt, insbesondere für deren Aufstellung oder Fixierung, Wasserbefüllung, Reinigung oder Fernsteuerung dient.

21. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei das separate Bauteil eine Batterie oder einen Akku oder Solarzellen oder eine Brennstoffzelle oder mehrere der vorgenannten Elemente enthält, zur netzunabhängigen Stromversorgung der Vorrichtung oder eines Zusatzbauteils, oder mittels eines Transformators und/oder Wandlers zu deren Stromversorgung mit einer externen Stromeinspeisung anderer Daten (wie Spannung, Frequenz, Stromart) als der Grundeinheit dient.

22. Vorrichtung nach Anspruch 98, wobei das separate Bauteil einen Filter enthält, der der Reinigung oder der Verminderung der Keimbelastung des Wassers vor der Befeuchtung dient.

23. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei das separate Bauteil Speicherungs- oder Anzeige- oder Steuerungselemente der Vorrichtung telemetrisch mit Sensoren oder externen Datenübertragungseinrichtungen verbindet.

24. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß das benötigte Wasser ganz oder teilweise durch eine Brennstoffzelle bereit gestellt wird, die zugleich zur Stromversorgung der Vorrichtung oder mit ihr verbundener Elemente dient.

25. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß das benötigte Wasser ganz oder zum Teil, und/oder die Erwärmung des befeuchteten oder zu befeuchtenden Atemgases durch ein Peltierelement erzeugt wird.

26. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß die Erwärmung des Wassers durch ein induktiv aufheizbares elektrisch leitendes Element im Wasservorratsbehälter geschieht, welches durch eine außerhalb des Behälters befindliche Vorrichtung erregt wird.

27. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß sich innerhalb des Wasservorratsbehälters eine schwimmfähige Heizplatte befindet, die das Wasser vornehmlich an seiner Oberfläche aufheizt.

28. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß der Wasservorratsbehälter in räumlicher Nähe zu einem wärmeerzeugenden Bauteil oder einem wärmeerzeugenden zusätzlichen Element der Vorrichtung oder der Atemgasversorgung wie einem Netzteil, Transformator oder Motor angebracht ist und durch dieses Bauteil oder Element das Wasser erwärmt, vorgewärmt oder mit erwärmt wird.

29. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasstrom über eine einseitig wasserdurchlässige Membran an einem wasserbevorzugenden oder wassererzeugenden Element befeuchtet wird.

30. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasstrom über eine in einen Gaskanal mündende Düse befeuchtet wird.

31. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasstrom über eine in einen Gaskanal mündende Düse befeuchtet wird, der ein Tropfengenerator vorgeschaltet ist.

32. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß das Wasser im Bereich eines motorisch betriebenen Lüfterrades in den Gasstrom eingebracht wird.

33. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß das Wasser im Bereich eines motorisch betriebenen Lüfterrades über eine Tropfensteuerung in den Gasstrom eingebracht und hierdurch vernebelt wird.

34. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Vorrichtung zur Erzeugung und/oder Bevorratung des Wassers in der Atemgaszuführung, insbesondere im Atemgasschlauch, befindet, vorzugsweise seitlich oder am Außenrand.

35. Vorrichtung nach Anspruch 34, wobei die Befeuchtung über eine einseitig wasserdurchlässige Membran erfolgt.

36. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß die Befeuchtung durch eine mittels Ultraschall erregte Wasserverneblung bewirkt wird.

37. Vorrichtung nach Anspruch 36, wobei der Wasservorratsbehälter durch Filter vom Bereich der Ultraschallverneblung getrennt ist.

38. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß der Wasservorratsbehälter durch einen Filter vom Bereich der Befeuchtung getrennt ist.

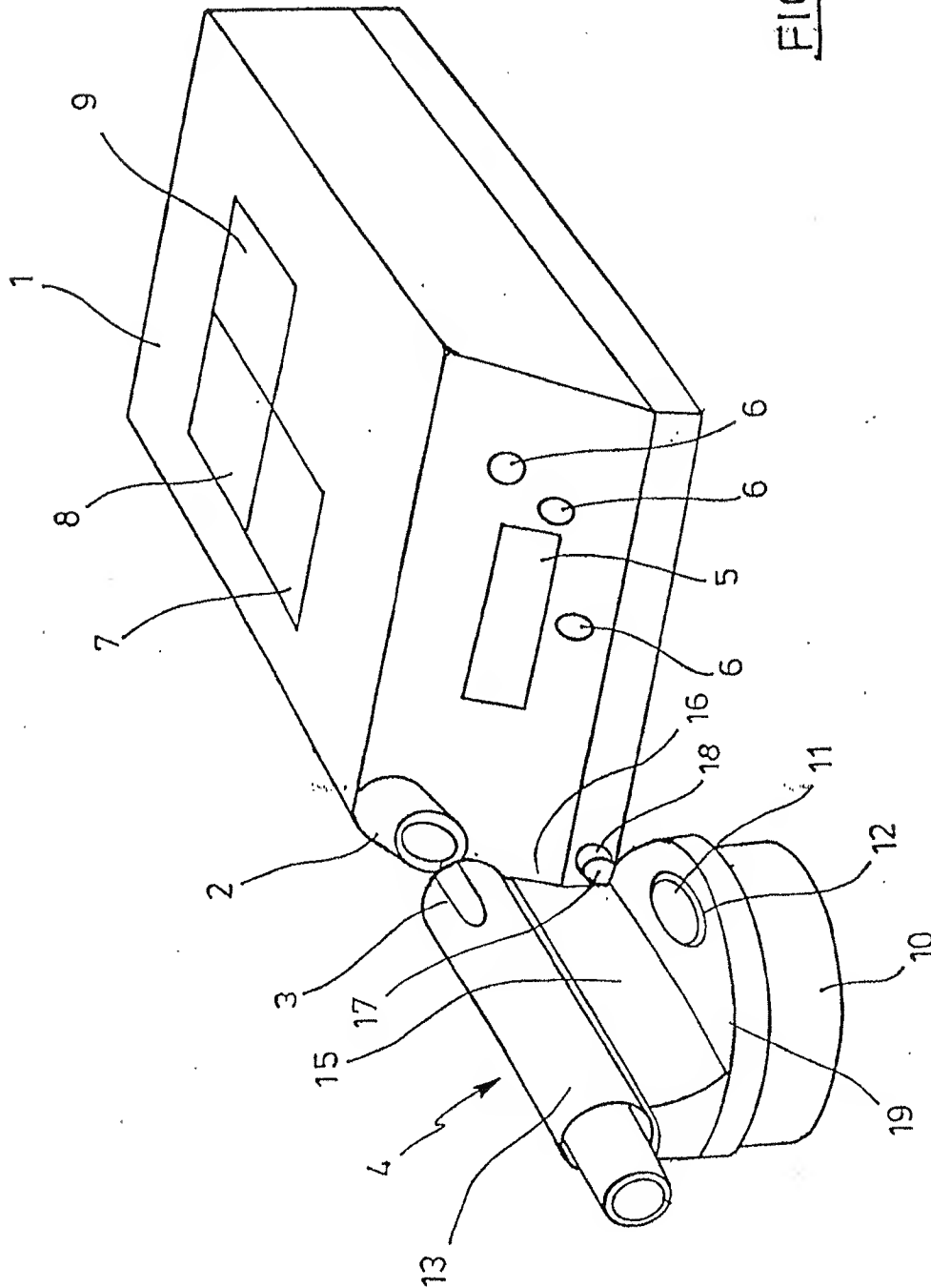
39. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß der Wasservorrat oder die Einrichtung zur Wassererzeugung oder die Führung des befeuchteten Atemgases mit einer Isolierung zur Verringerung von Temperaturänderungen versehen ist.

40. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß durch hygroskopische Materialien am Atemgasschlauch oder in einem separaten Bauteil Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft zugeführt wird, allein oder zusätzlich zu einer anderen Befeuchtungsquelle.

41. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß die Erwärmung des Wassers über Mikrowellen erfolgt.

42. Vorrichtung zur Befeuchtung von Atemgas, bestehend mindestens aus einer Einrichtung zur Einbringung von Wasser oder Wasserdampf sowie einem Anschluß an eine Atemgasversorgung, dadurch gekennzeichnet, daß nur zunächst ein separat getrennter Teil der Atemgasversorgung befeuchtet wird und das der zu beatmenden Person zugeführte Atemgas aus einem regelbar zusammengesetzten Gemisch aus befeuchtetem und unbefeuchtetem Atemgas besteht.

43. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei das separate Bauteil eine Zeitmeßeinrichtung und/oder eine Meßeinrichtung für Luftdruck oder Lufttemperatur oder Luftfeuchtigkeit ist, in Verbindung mit einer Anzeige und einer Bedien- oder Steuereinheit zur Einstellung, Vorwahl oder Regelung von Funktionen der Anfeuchtung.



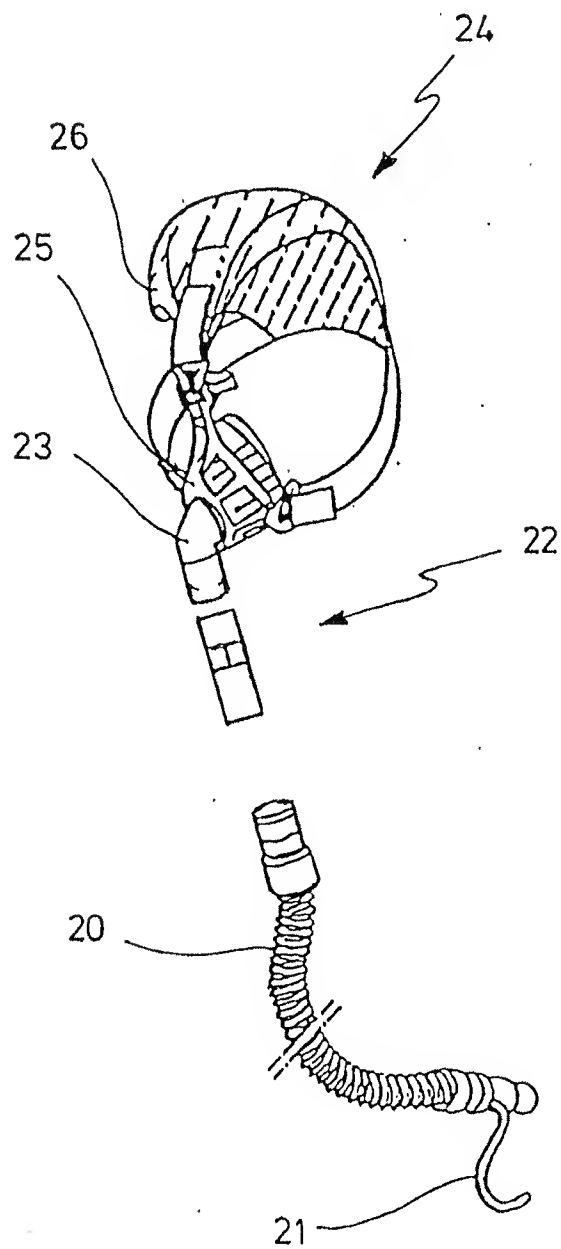


FIG. 2

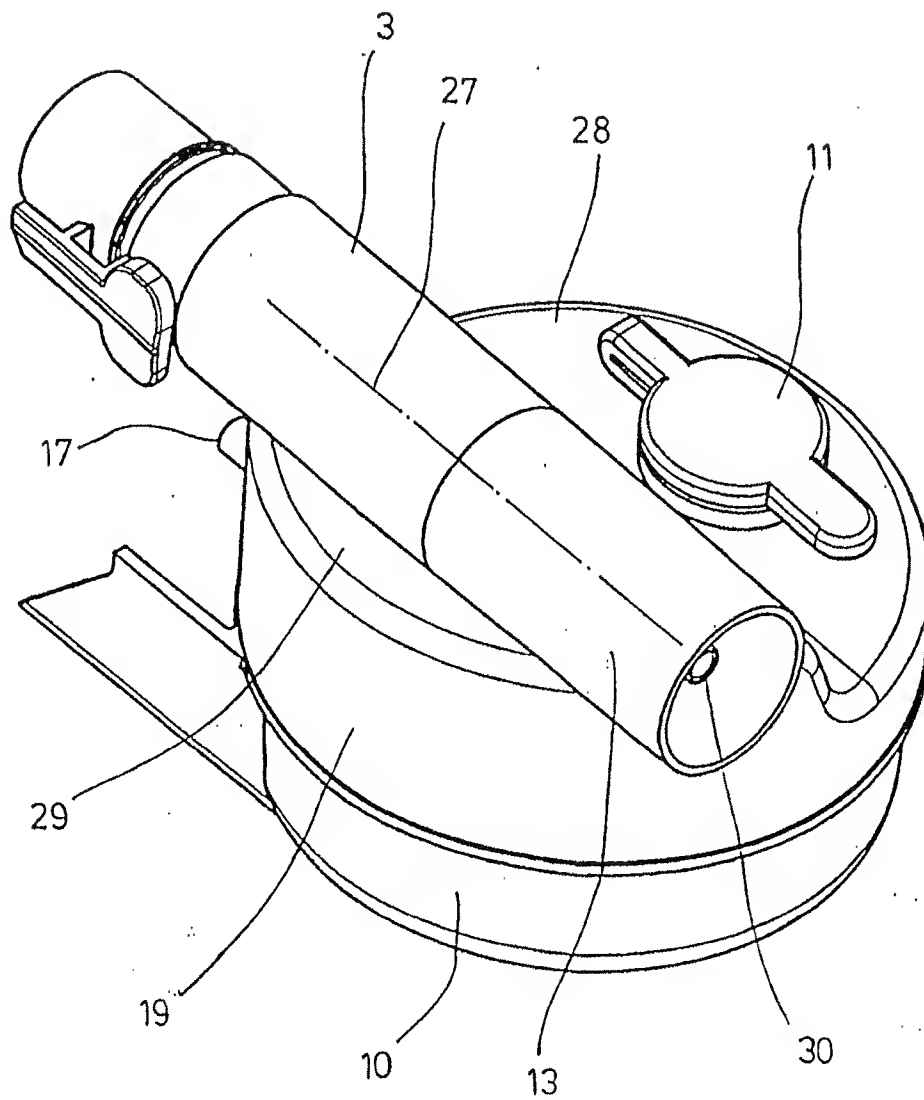
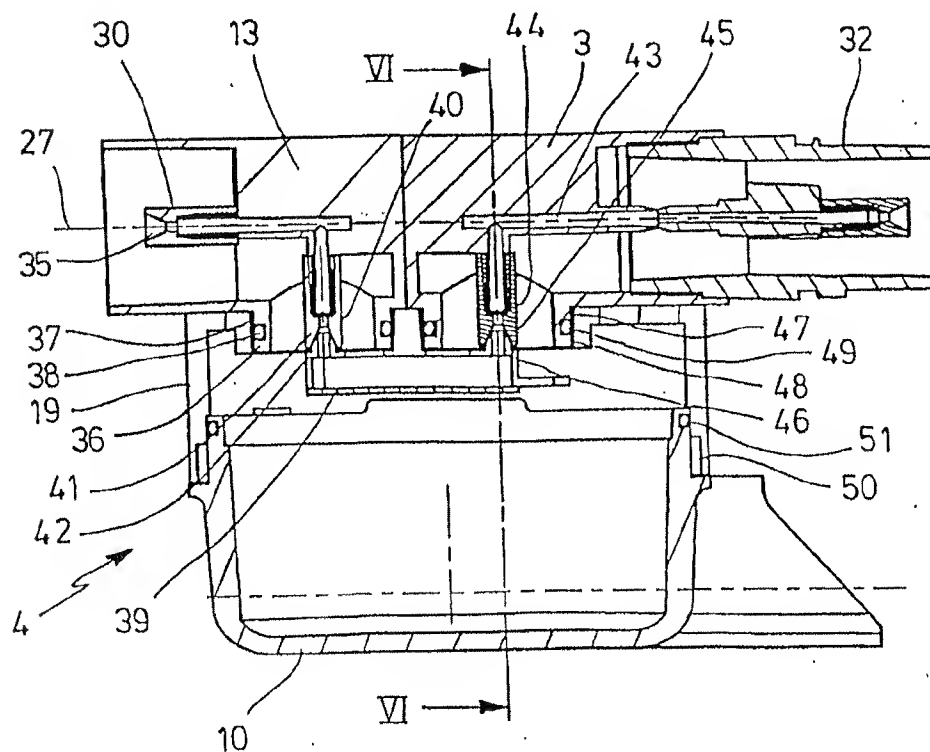
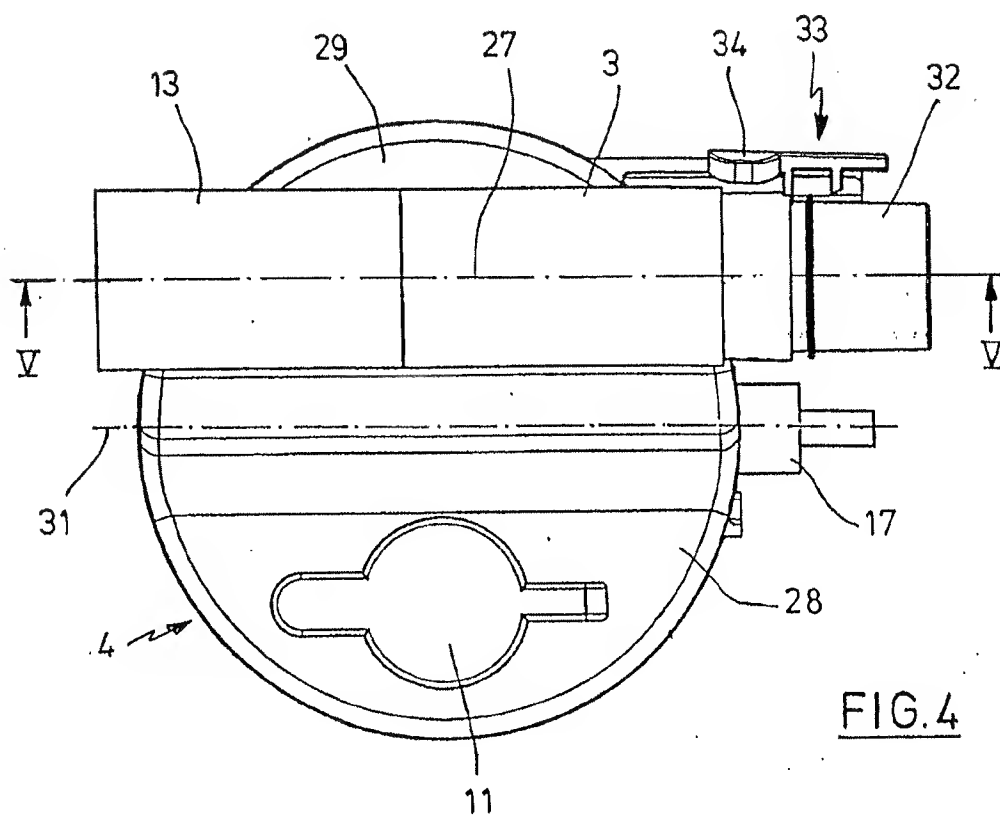


FIG.3



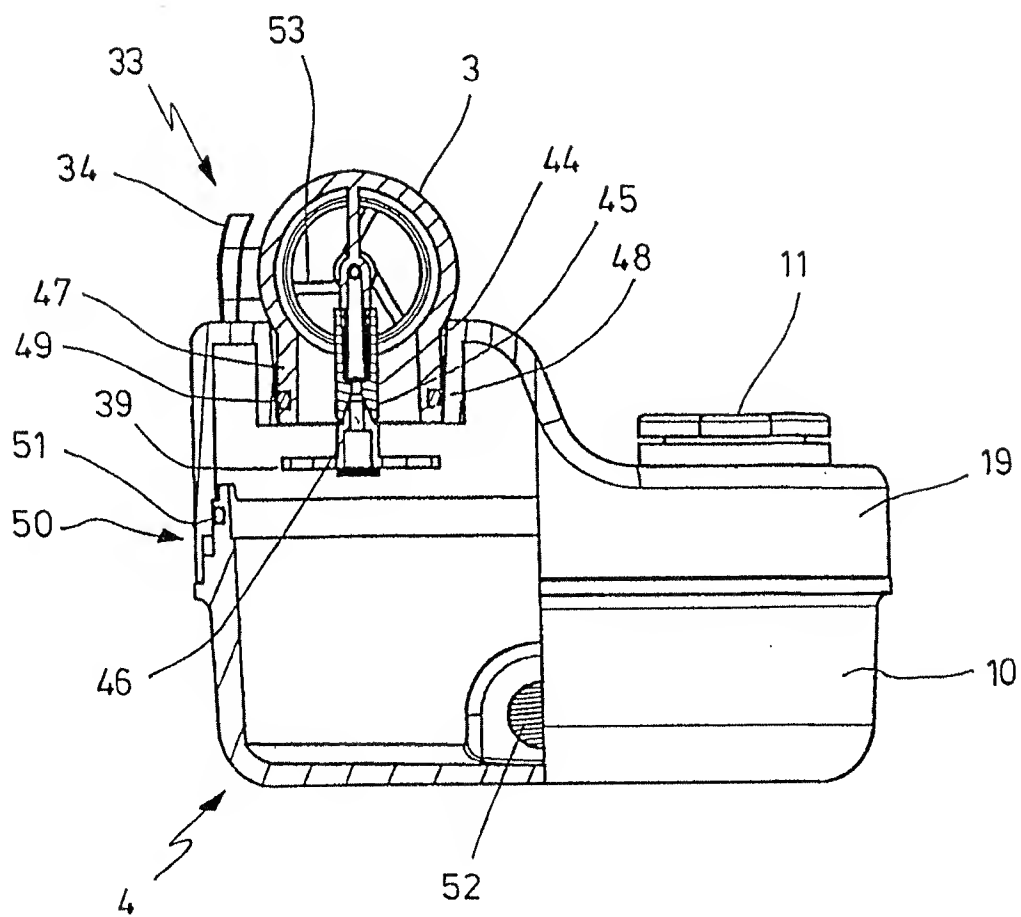


FIG. 6

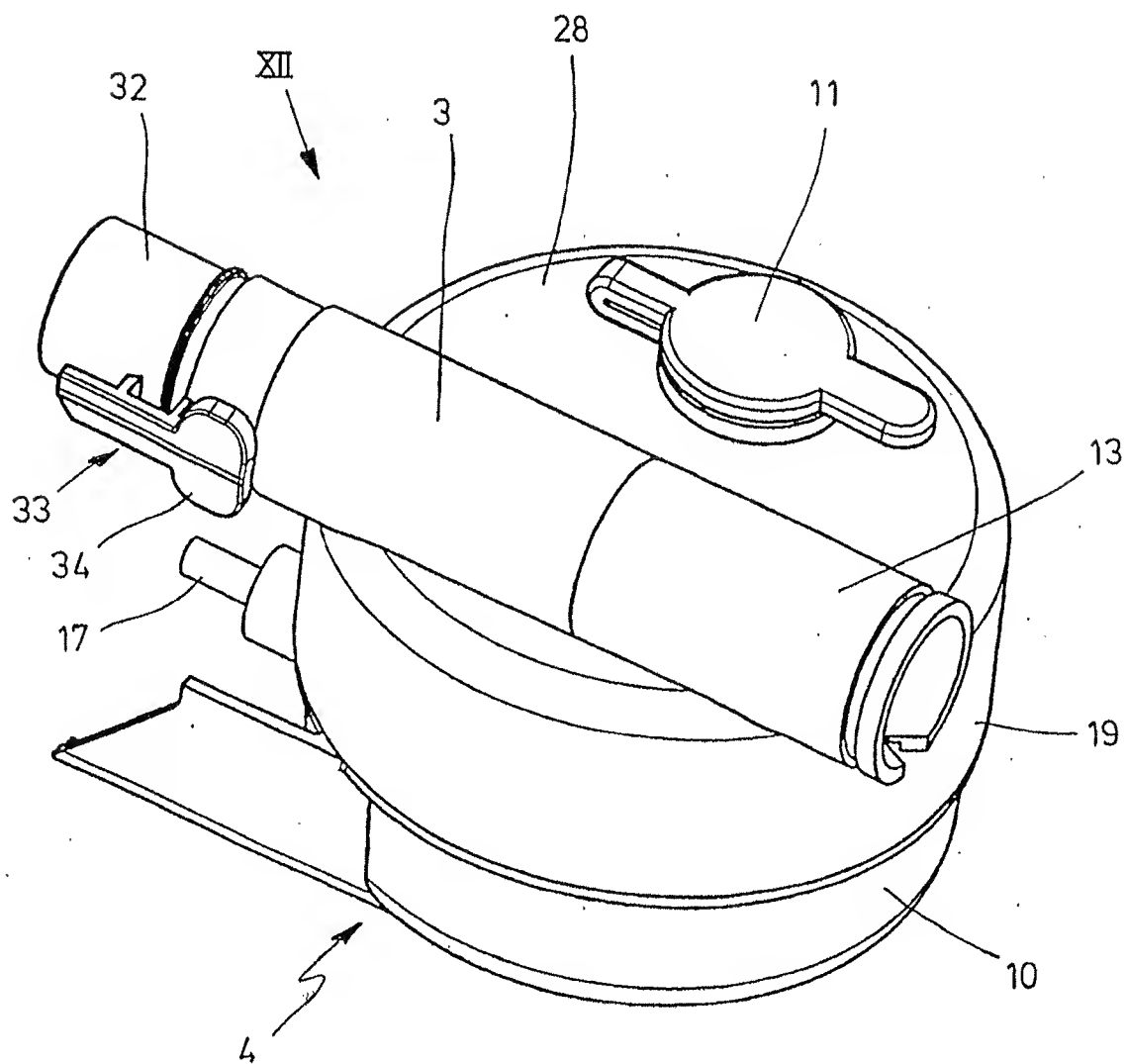
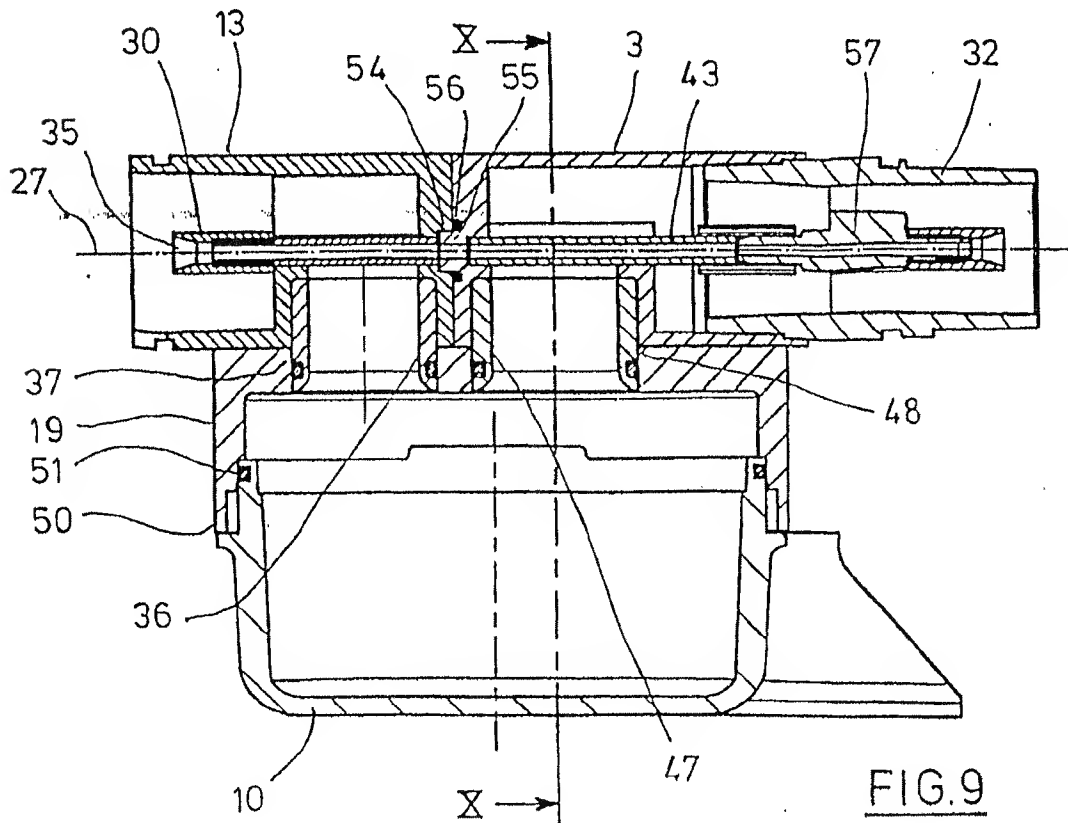
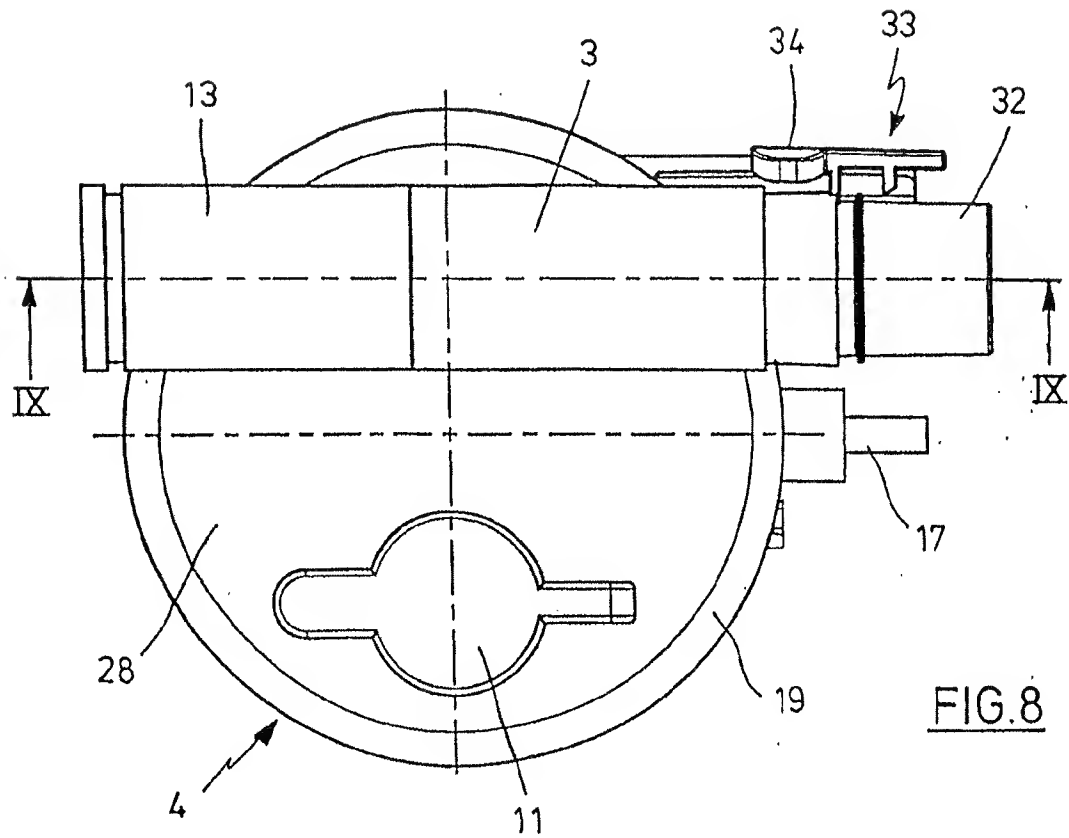


FIG. 7



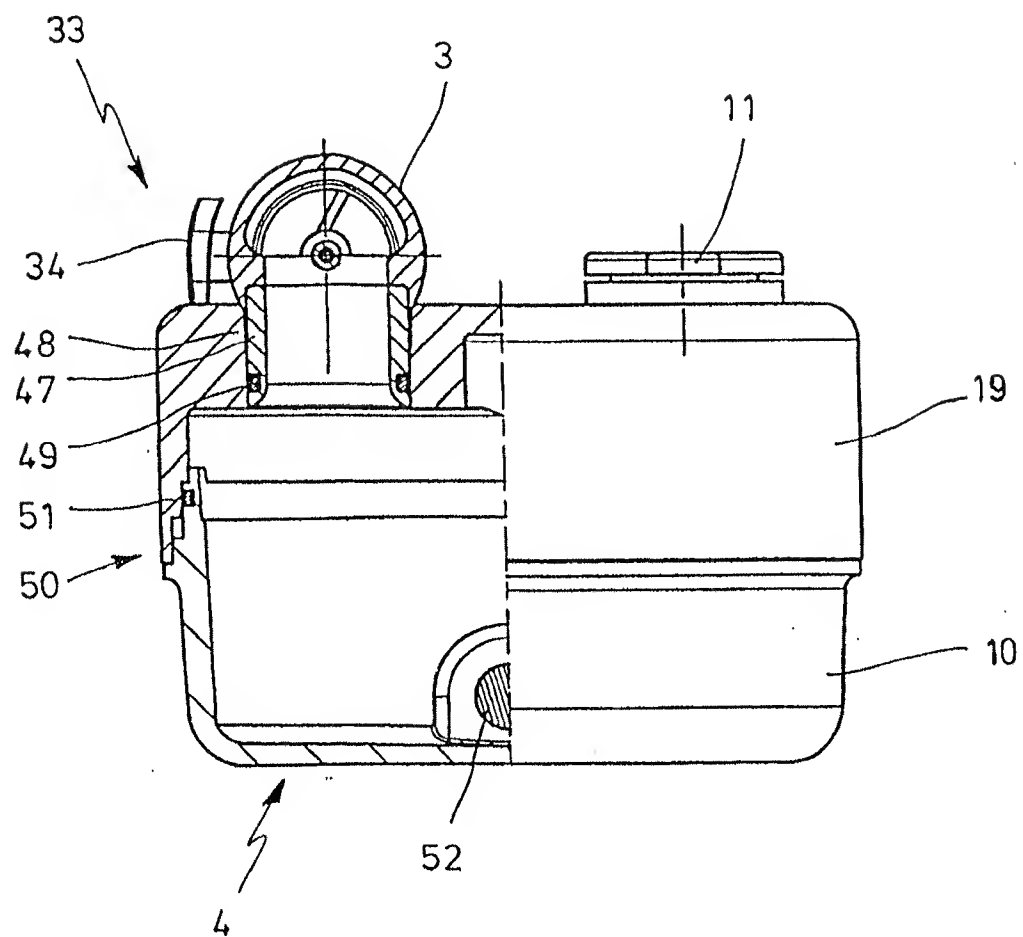


FIG. 10

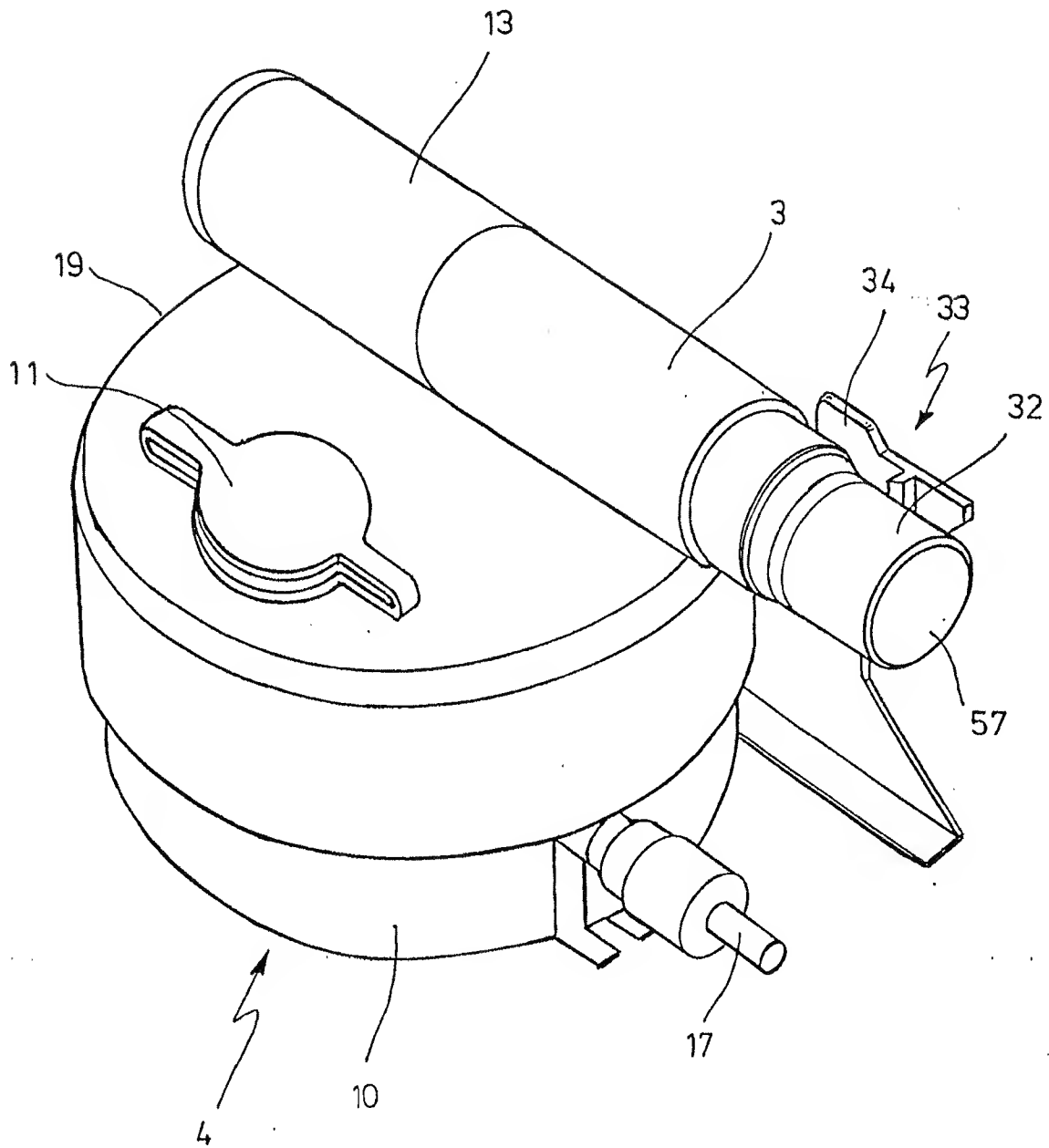


FIG.12

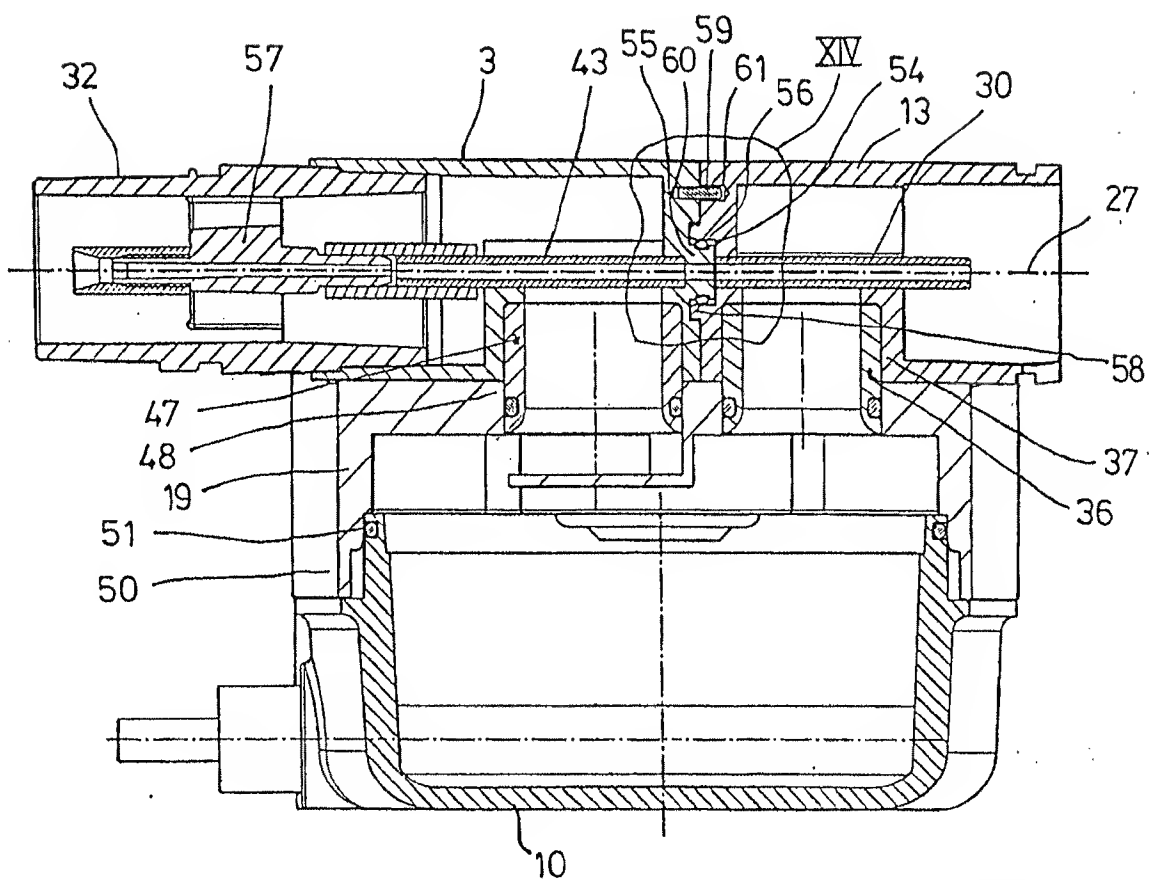


FIG. 13

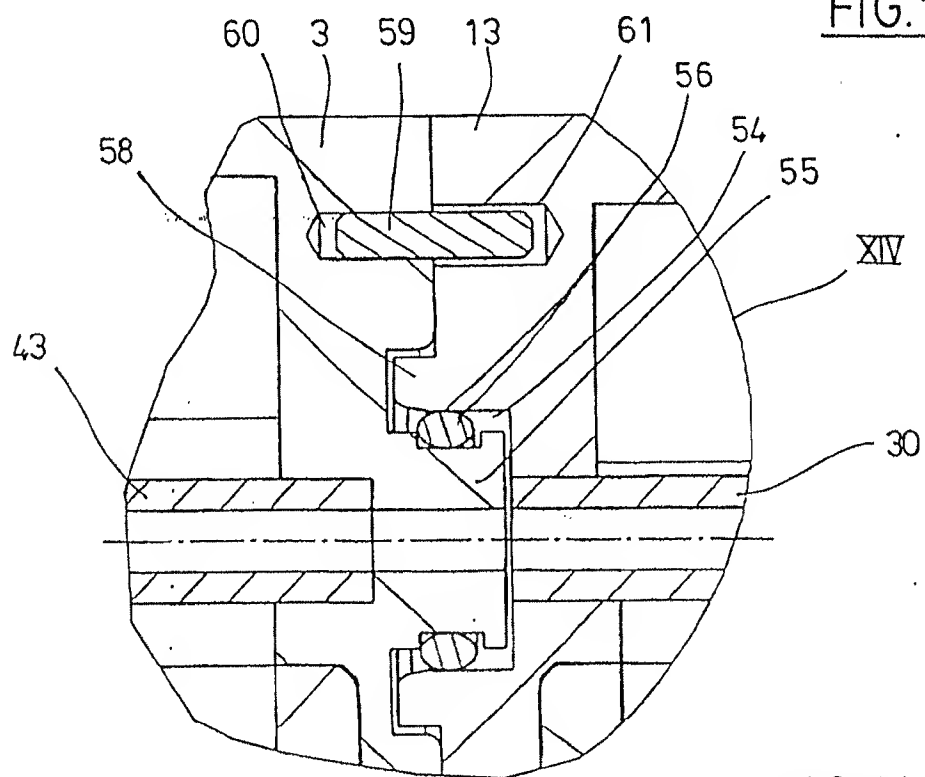


FIG. 14

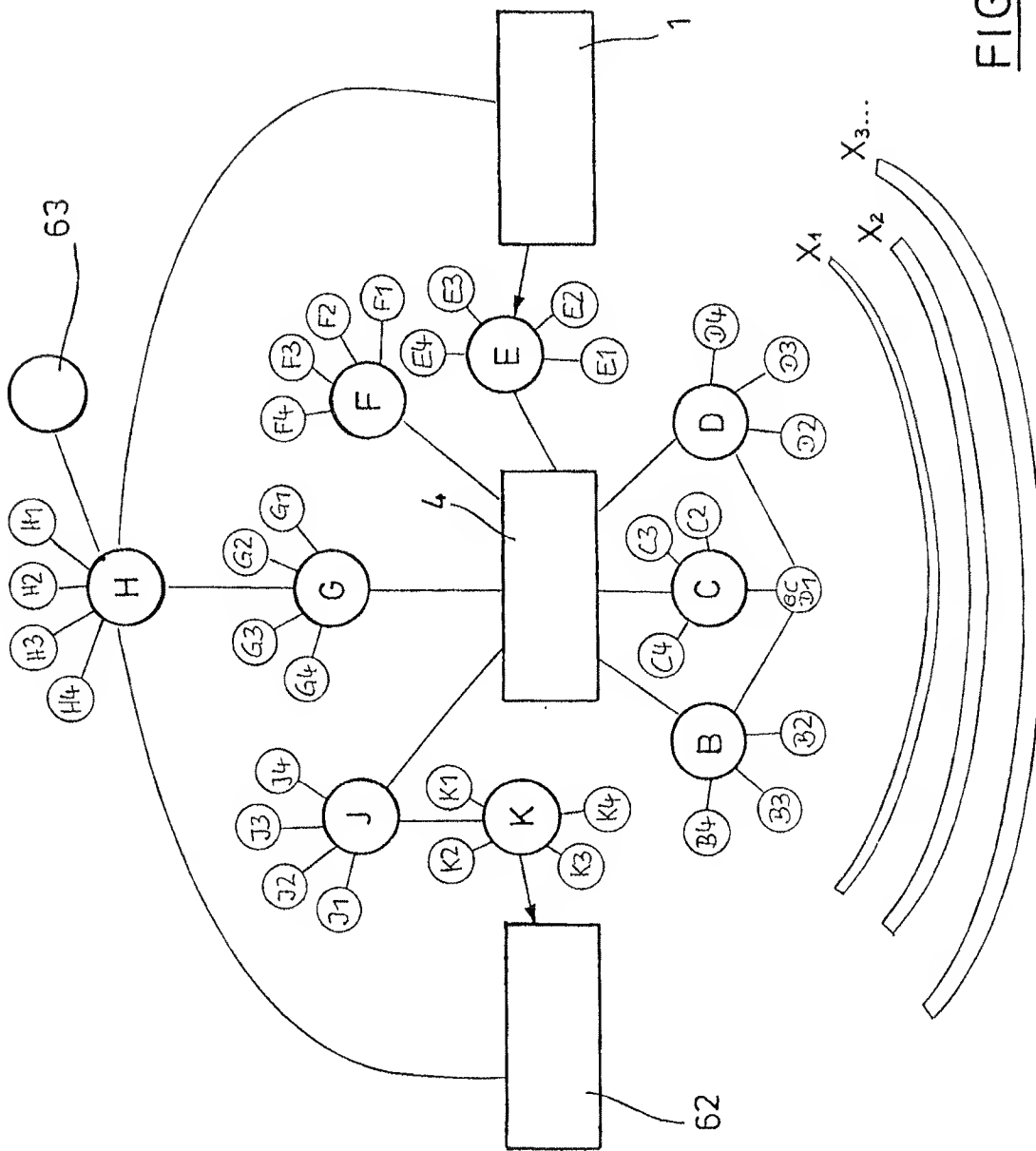


FIG.15

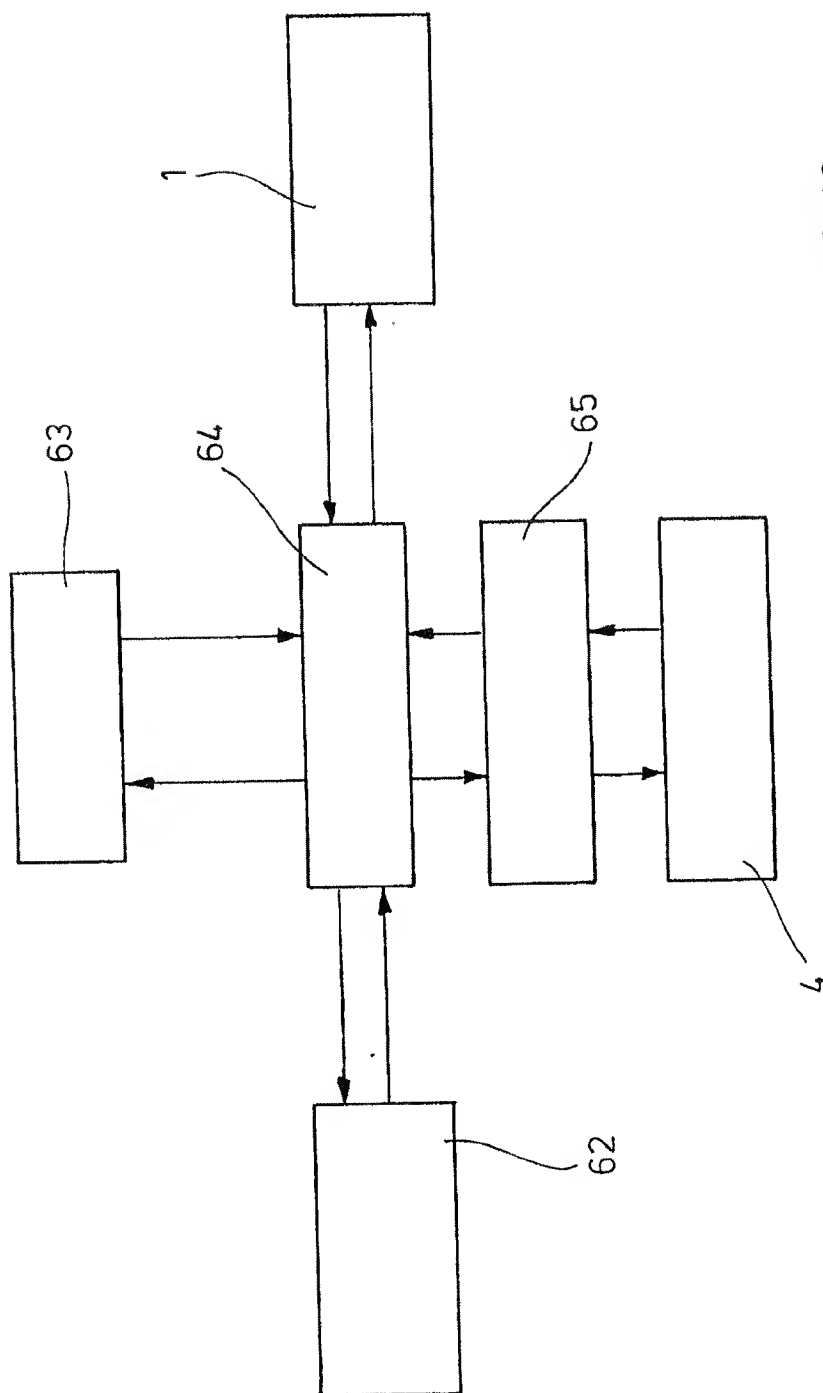


FIG. 16

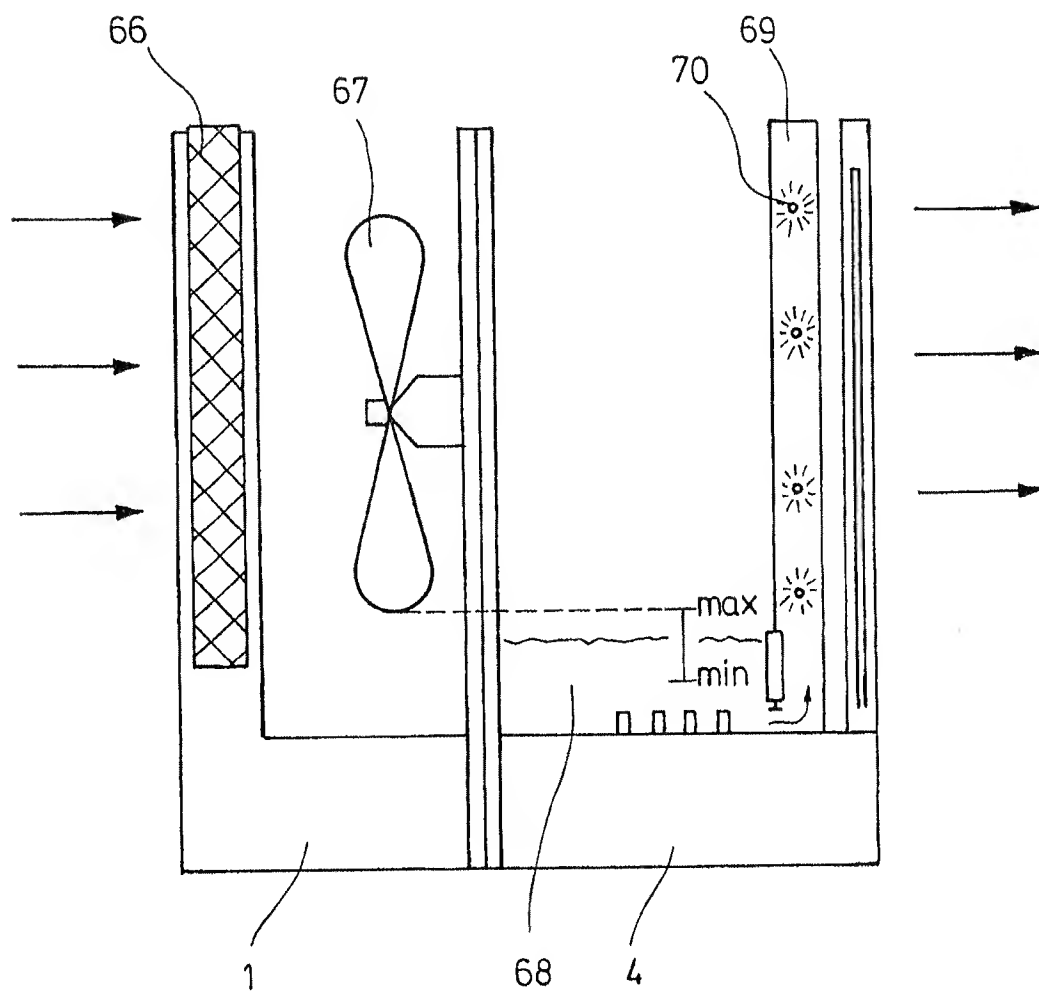


FIG.17

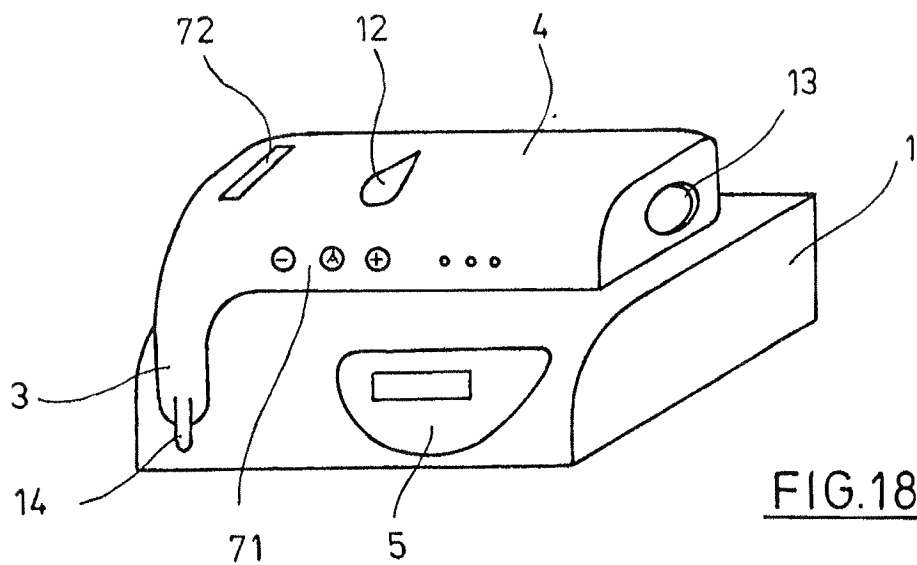


FIG. 18

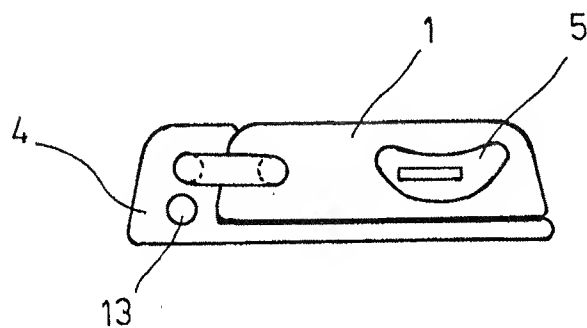


FIG. 19

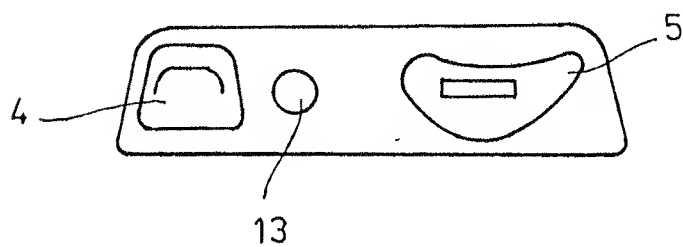


FIG. 20

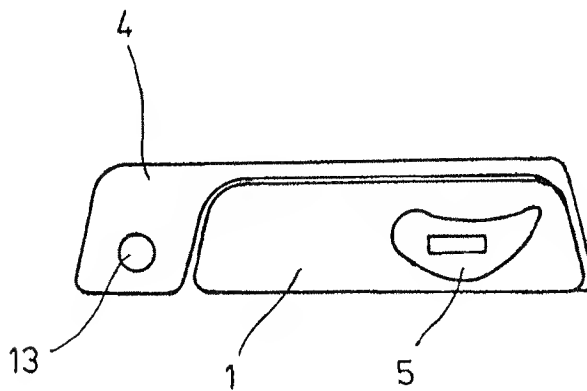
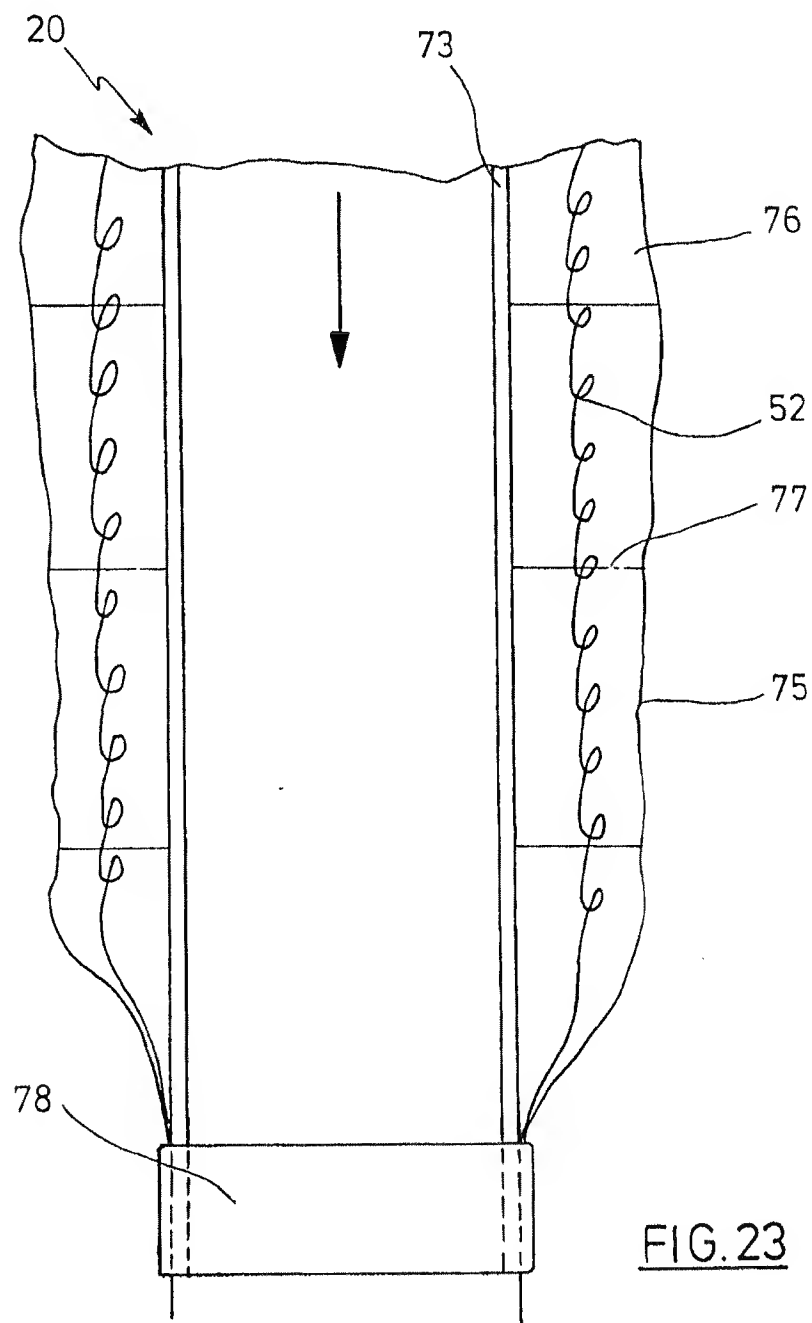
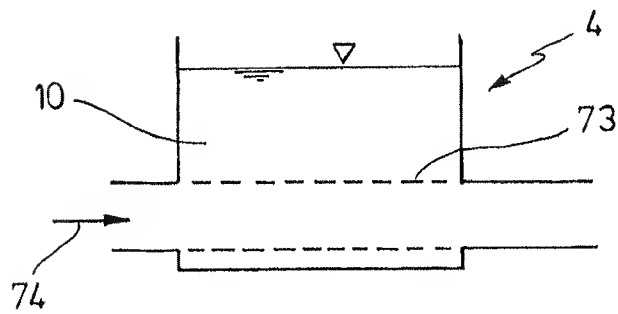


FIG. 21



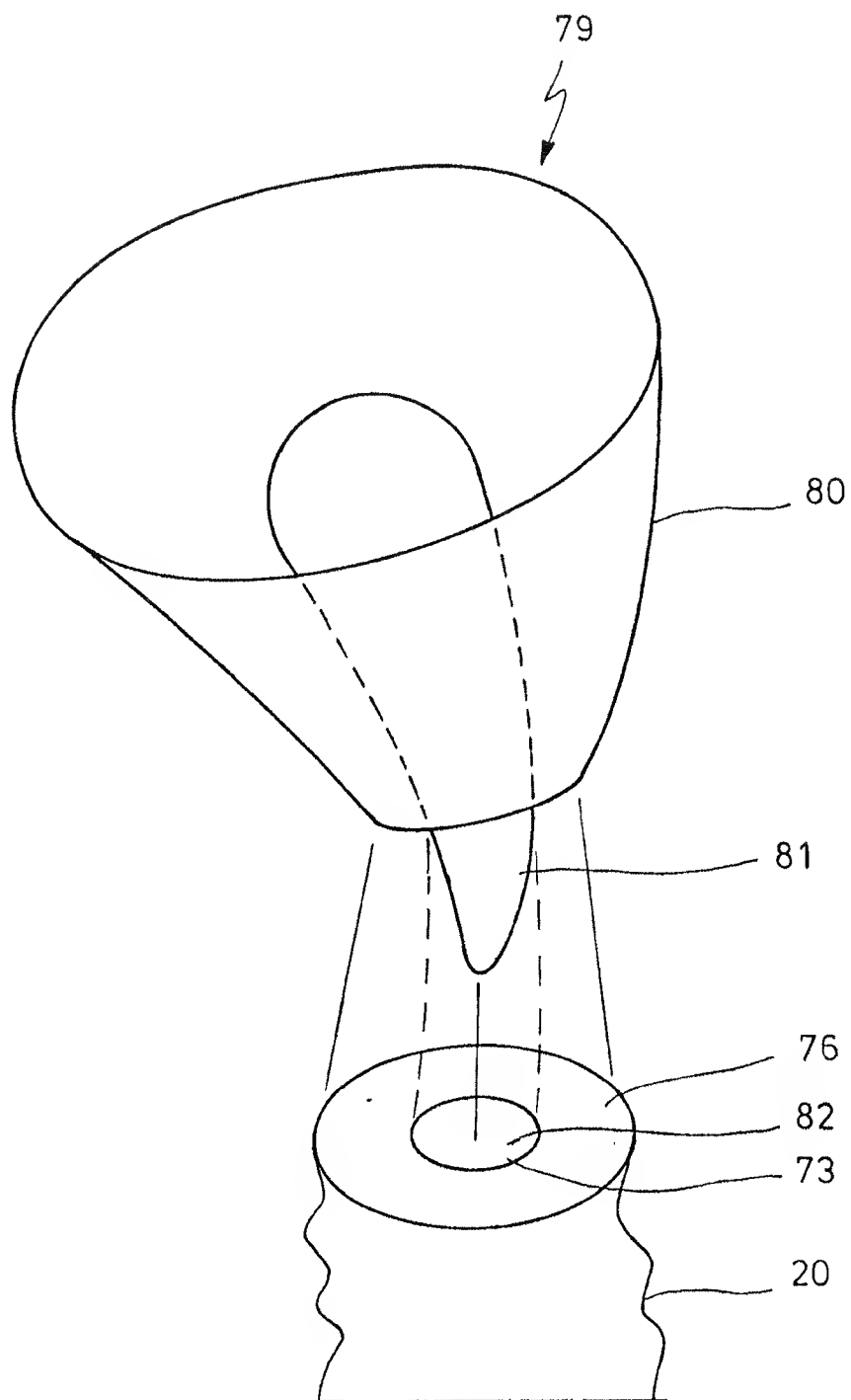


FIG. 24

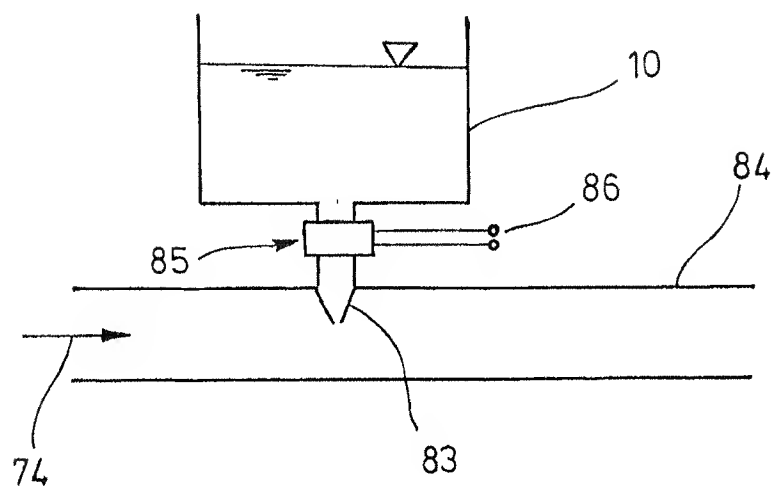


FIG. 25

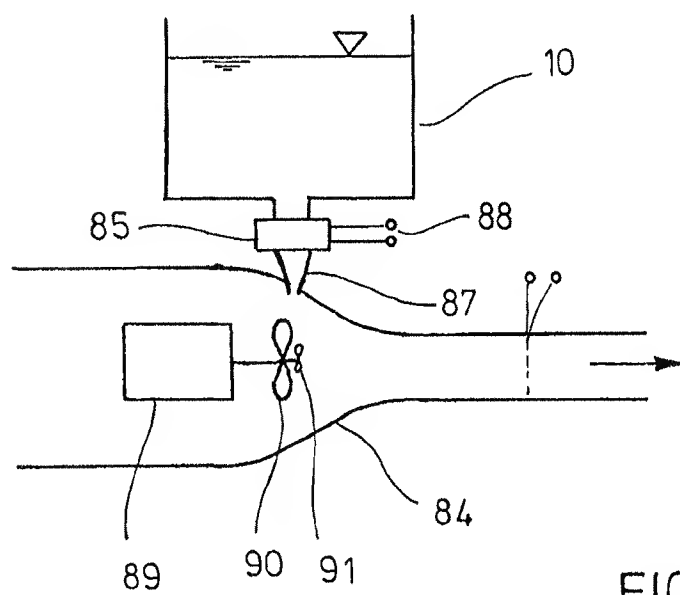


FIG. 26

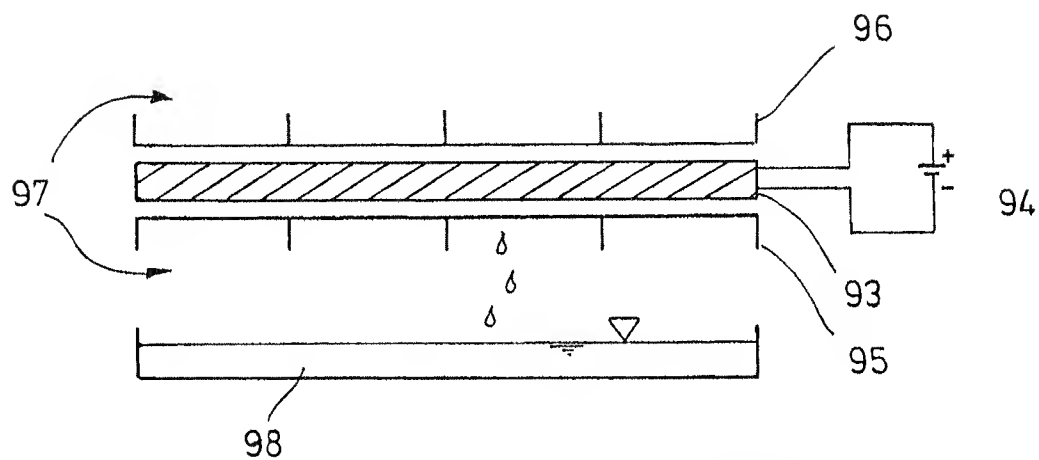


FIG. 27

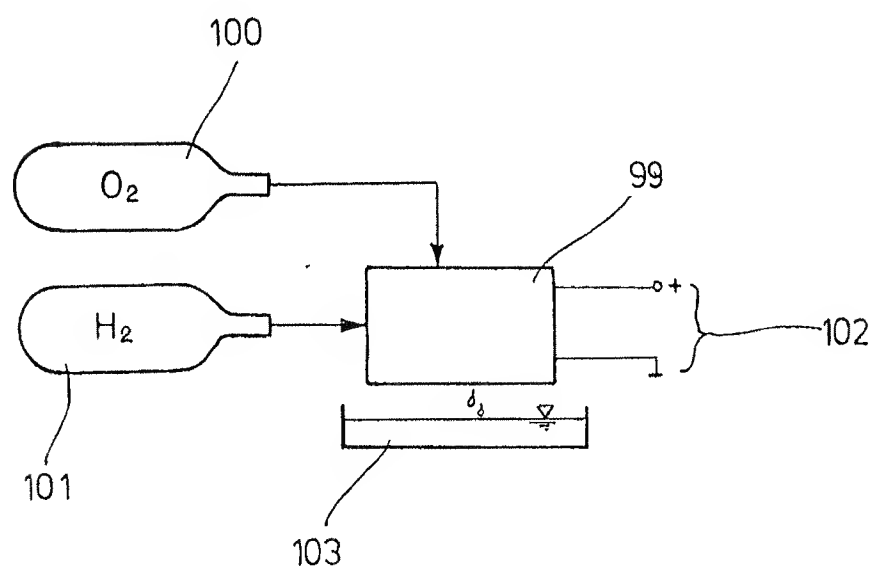


FIG. 28

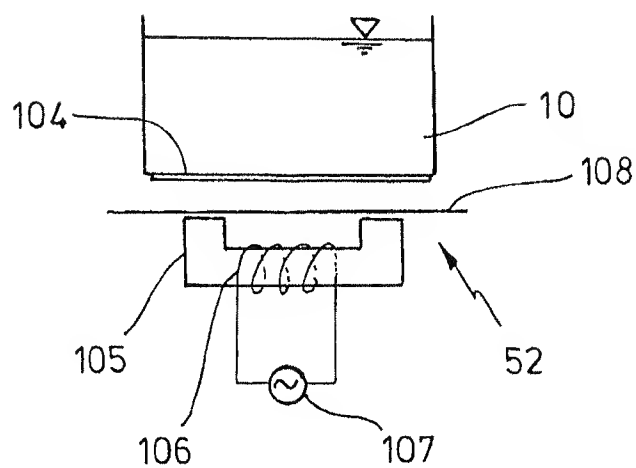


FIG. 29

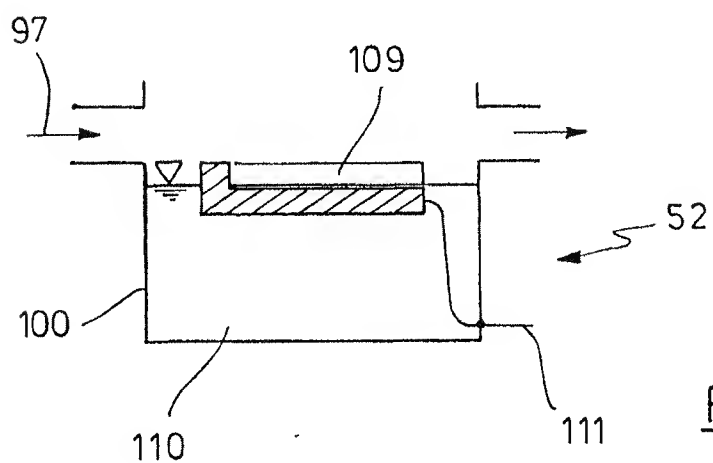


FIG. 30

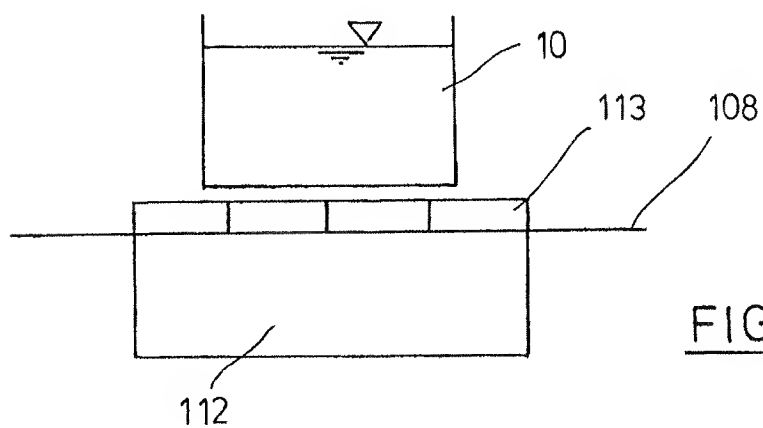


FIG. 31

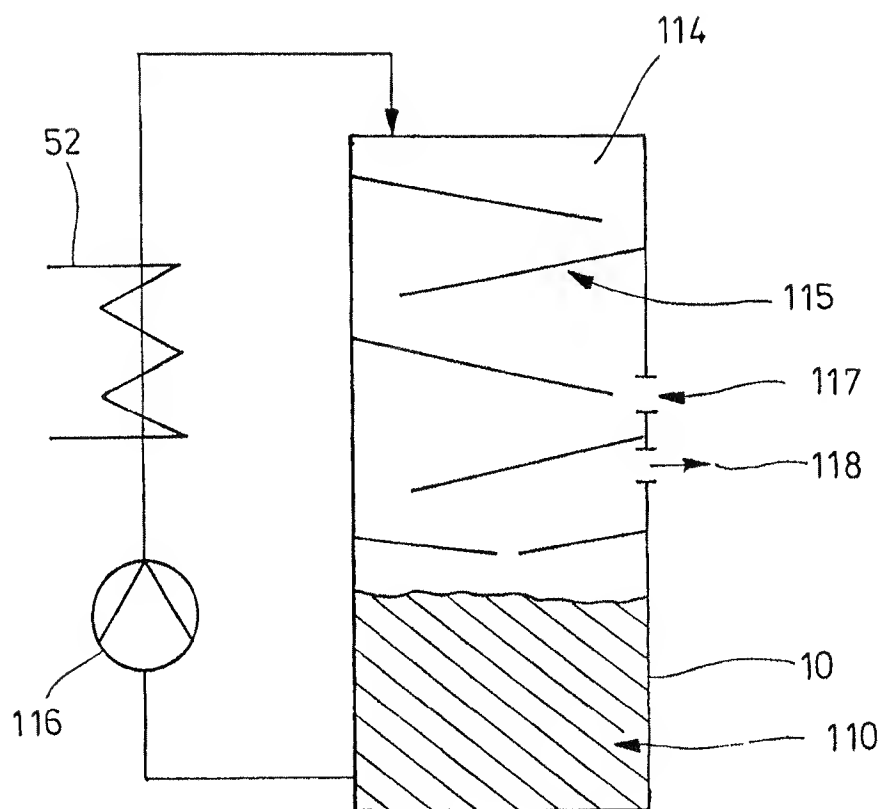


FIG.32

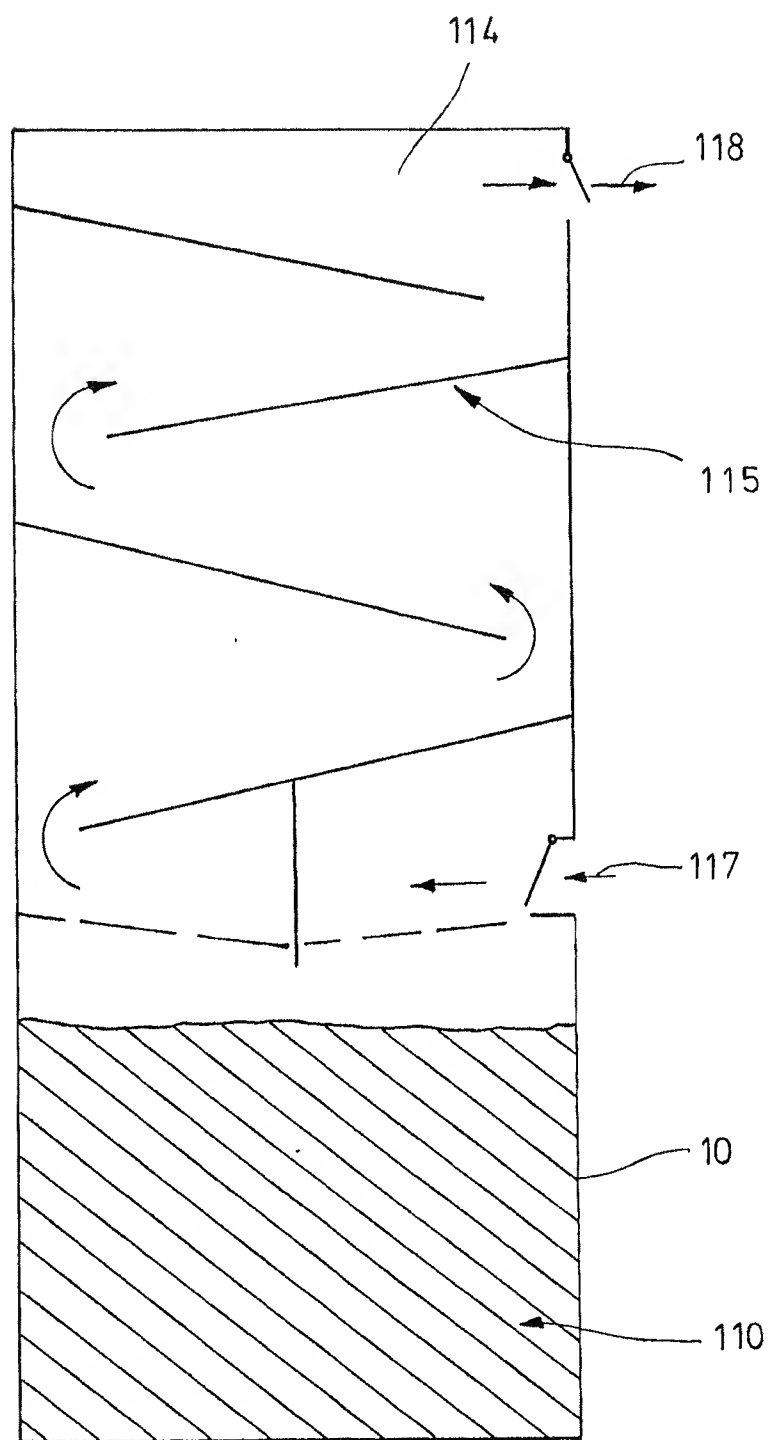


FIG.33